



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Βιοκλιματικός Επανασχεδιασμός του Κέντρου Ημερήσιας Νοσηλείας
«Νίκος Κούρκουλος»*



ΣΠΙΝΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΠΕΠΠΑ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Επιβλέπων: Βουγιούκας Εμμανουήλ, Λέκτορας Ε.Μ.Π

Συνεπιβλέπων: Τζουβαδάκης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Νοέμβριος 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Βιοκλιματικός Επανασχεδιασμός του Κέντρου Ημερήσιας Νοσηλείας
«Νίκος Κούρκουλος»*

ΣΠΙΝΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΠΕΠΠΑ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Επιβλέπων: Βουγιούκας Εμμανουήλ, Λέκτορας Ε.Μ.Π

Συνεπιβλέπων: Τζουβαδάκης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Νοέμβριος 2016

Copyright © Πέππα Αικατερίνη και Σπίνος Βασίλειος

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος, All rights reserved

Απαγορεύεται η αντιγραφή και η διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν την χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Ευχαριστίες

Με την ευκαιρία της ολοκλήρωσης των σπουδών μας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη αναπληρωτή καθηγητή της σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π και επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής εργασίας για το ενδιαφέρον του κατά την διάρκεια της εκπόνησής της.

Ακόμη θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τον κ. Γιάννη Μαϊδη για τις χρήσιμες συμβουλές και πληροφορίες που μας παρείχε κατά την διάρκεια της μελέτης αυτής σχετικά με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και τις εφαρμογές του.

Τέλος, δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε τις οικογένειές μας και τους συμφοιτητές μας για την στήριξη και της συμπαράσταση που προσέφεραν σε όλη την διάρκεια των σπουδών μας.

Σπίνος Βασίλειος

Πέππα Αικατερίνη

Αθήνα, Νοέμβριος 2016

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η απαίτηση εξασφάλισης θερμικής άνεσης για τους χρήστες μιας μονάδας υγειονομικής περίθαλψης καθώς και η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας σε τέτοιες εξαιρετικά ενεργοβόρες εγκαταστάσεις, αποτελούν δυο καθοριστικά στοιχεία προς διερεύνηση του περιβάλλοντος ενός νοσοκομείου. Στην παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε μελέτη για την ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενης κτιριακής μονάδας η οποία στεγάζει το Κέντρο Ημερήσιας Νοσηλείας «Νίκος Κούρκουλος». Έπειτα από μελέτη και βαθειά κατανόηση του μεγέθους της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος λόγω της αλόγιστης κατανάλωσης ενέργειας, προέκυψε η συνειδητοποίηση της επιτακτικής ανάγκης για βιοκλιματικό σχεδιασμό. Μελετώντας τις βιοκλιματικές αρχές και τις μεθόδους εφαρμογής τους επιλέχθηκε να γίνει χρήση ορισμένων εξ αυτών στο υπό μελέτη κτίριο. Απαραίτητη προϋπόθεση ήταν πρωτίστως η προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης του νοσοκομείου, η οποία υλοποιήθηκε μέσω του λογισμικού Energy Plus. Αναλύοντας τα αποτελέσματα που εξήχθηκαν από το πρόγραμμα και συγκεκριμένα αυτά των καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας, προτάθηκαν λύσεις με βάση τις αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού με σκοπό τη μείωση αυτών. Κάθε μία από τις λύσεις προσομοιώθηκε εκ νέου στο λογισμικό για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας τους και της οικονομικής αποδοτικότητας των συστημάτων εφαρμογής τους.

ABSTRACT

The high demand of natural light and thermal comfort that create the need of improved energy efficiency at energy consuming buildings, such as healthcare facilities, are two key elements to explore concerning the therapeutic environment of a hospital. The current diploma thesis presents a study on energy upgrade of the existing building named as “Nikos Kourkoulos” hospital.

Having fully understood the magnitude of the environmental burden due to the irresponsible energy consumption, there was a need for bioclimatic design. Studying the bioclimatic principles, several application methods were applied to this hospital. For the implementation, the simulation of the current situation of the hospital was necessary and for this reason the Energy Plus software was used. After the analysis of the derived results, bioclimatic solutions were proposed in order to reduce the energy consumption of the building. Each of these solutions were simulated again by using the Energy Plus software to evaluate the effectiveness and the cost-efficiency for their implementation.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	15
Το Ενεργειακό Πρόβλημα	15
Εισαγωγή	15
1.1. Το Ενεργειακό Πρόβλημα στην Ελλάδα	16
1.2. Η Ενεργειακή Κατανάλωση σε Εθνικό και Ευρωπαϊκό επίπεδο	18
1.3. Αειφόρος Ανάπτυξη	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	25
Πηγές Ενέργειας	25
2.1. Μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	25
2.1.1. Γαιάνθρακες	25
2.1.2. Πετρέλαιο	26
2.1.3. Φυσικό Αέριο	28
2.1.4. Πυρηνική Ενέργεια	29
2.2. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	30
2.2.1. Ηλιακή Ενέργεια	31
2.2.2. Αιολική Ενέργεια	32
2.2.3. Γεωθερμική Ενέργεια	35
2.2.4. Βιομάζα	36
2.2.5. Υδραυλική Ενέργεια	37
2.3 Η χρήση των ΑΠΕ στην Ελλάδα	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	42
ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	42
3.1. Εισαγωγή	42
3.2. Βασικές αρχές – Στόχοι	43
3.3. Παραδείγματα βιοκλιματικών κτιρίων στην Ελλάδα και την Ευρώπη	51
3.4. Παθητικά Συστήματα	53
3.4.1. Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης	54
3.4.2. Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού	61
3.4.3. Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού	66

3.5. Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα	68
3.5.1. Σύστημα θέρμανσης νερού χρήσης.....	69
3.5.2. Σύστημα θέρμανσης χώρου και νερού χρήσης	69
3.6. Ανάγκη Εφαρμογής Βιοκλιματικού Σχεδιασμού στα Νοσοκομεία	71
3.7. Οφέλη «Πράσινων Νοσοκομείων»	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	74
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΝΟΣΗΛΕΙΑΣ «ΝΙΚΟΣ ΚΟΥΡΚΟΥΛΟΣ»	74
4.1. Περιγραφή Κτιρίου.....	74
4.2. Λογισμικά Προσομοίωσης	76
4.2.1. Google SketchUp και Legacy Open Studio plug-in.....	76
4.2.2 Energy Plus.....	77
4.3. Δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου στο Google SketchUp.....	80
4.4. Προσομοίωση του μοντέλου στο πρόγραμμα EnergyPlus.....	95
4.4.1 Simulation Parameters	95
4.4.2. Location and Climate.....	96
4.4.3 Surface Construction Elements	97
4.4.4. Thermal Zones and Surfaces	102
4.4.5. Schedules.....	105
4.4.6. Internal Gains.....	110
4.4.7. Zone Air Flow.....	112
4.4.8. HVAC Templates	115
4.5. Αποτελέσματα Προσομοίωσης.....	117
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	126
ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	126
5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	126
5.2. Τοποθέτηση Υαλοπινάκων Χαμηλής Εκπομπής (Low-emissivity).....	127
5.2.1. Εισαγωγή Παραμέτρων Προσομοίωσης	127
5.2.2. Αποτελέσματα Προσομοίωσης.....	129
5.2.3. Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης	132
5.3. Τοποθέτηση Ενεργειακών Λαμπτήρων LED	133
5.3.1. Εισαγωγή Παραμέτρων Προσομοίωσης	134
5.3.2. Αποτελέσματα Προσομοίωσης.....	134

5.3.3 Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης.....	136
5.4. Προσθήκη Θερμομόνωσης.....	137
5.4.1. Εισαγωγή Παραμέτρων Προσομοίωσης.....	137
5.4.2. Αποτελέσματα Προσομοίωσης.....	139
5.4.3 Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης.....	141
5.5 Προσθήκη Θερμοπρόσοψης.....	142
5.5.1. Εισαγωγή Παραμέτρων Προσομοίωσης.....	144
5.5.2. Αποτελέσματα Προσομοίωσης.....	144
5.5.3. Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης.....	147
5.6 Τελικά Συνολικά Αποτελέσματα όλων των Επεμβάσεων.....	147
5.6.1. Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης.....	151
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	152
Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα.....	154
Βιβλιογραφία.....	156
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	159
.....	167
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	169

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου που στεγάζεται το Κέντρο Ημερήσιας Νοσηλείας «Νίκος Κούρκουλος» μέσω εφαρμογών βιοκλιματικού σχεδιασμού. Οι εφαρμογές αυτές αποσκοπούν στην επίτευξη θερμοκρασιακής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου με ταυτόχρονη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων.

Στόχος της μελέτης είναι να προβληθεί και να παρουσιασθεί το μέγεθος της αποτελεσματικότητας της υιοθέτησης αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού. Αποδεικνύεται πως η εφαρμογή των αρχών αυτών ακόμη και σε υφιστάμενες κτιριακές υποδομές είναι απολύτως εφικτή αποφέροντας αφενός ενεργειακό κέρδος και αφετέρου οικονομικό κέρδος σε βάθος χρόνου.

Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου της κτιριακής μονάδας είναι το πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης *Google SketchUp*, με την προσθήκη της ηλεκτρονικής πλατφόρμας εργαλείων *Legacy Open Studio plug-in for SketchUp*. Για την προσομοίωση θερμικού φορτίου και ενεργειακής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό *Energy Plus*.

Στο 1^ο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζεται και αναλύεται το ενεργειακό πρόβλημα τόσο σε τοπικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Στο 2^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι διάφορες πηγές ενέργειας οι οποίες αναλύονται σε ανανεώσιμες και μη ανανεώσιμες.

Στο 3^ο κεφάλαιο αναλύονται οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι βιοκλιματικού σχεδιασμού και οι στόχοι αυτών και παρουσιάζεται η ανάγκη εφαρμογής τους σε νοσοκομειακές μονάδες.

Στο 4^ο κεφάλαιο αφενός γίνεται περιγραφή του υπο μελέτη κτιρίου και αφετέρου περιγράφεται η διαδικασία προσομοίωσης όπως ακολουθήθηκε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας από το σχεδιασμό του ξενοδοχείου μέσω του SketchUp και του Legacy Open Studio plug-in μέχρι και την ενεργειακή προσομοίωση στο Energy Plus για την εξαγωγή αποτελεσμάτων της υφιστάμενης κατάστασης.

Στο 5^ο κεφάλαιο εξετάζονται ορισμένα σενάρια για ενεργειακή βελτίωση και εξοικονόμηση ενέργειας, για τα οποία γίνεται εκ νέου προσομοίωση και μελετάται η αποτελεσματικότητά τους από ενεργειακή και οικονομική σκοπιά.

Τέλος, στο 6^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και κάποιες προτάσεις για μελλοντική περαιτέρω έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Το Ενεργειακό Πρόβλημα

Εισαγωγή

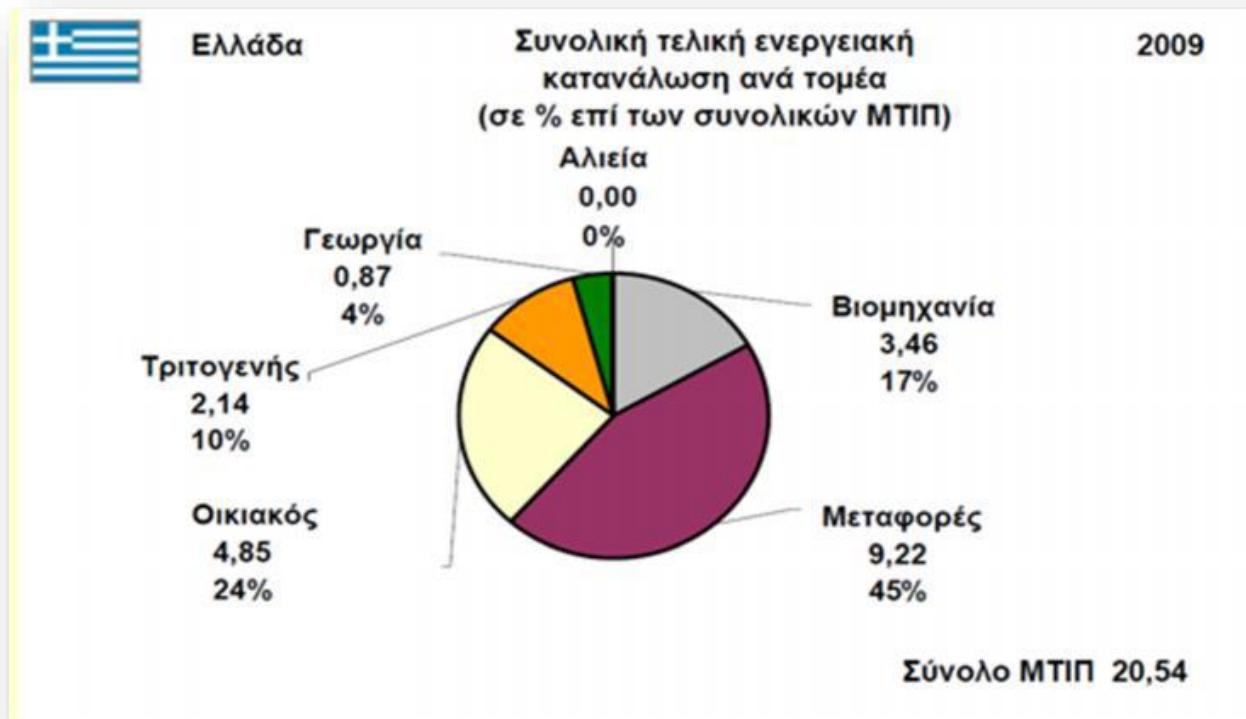
Αναμφίβολα η εξέλιξη της ανθρωπότητας είναι άμεσα συνδεδεμένη με την χρήση της ενέργειας. Τον όρο ενέργεια το συναντάμε για πρώτη φορά στον Αριστοτέλη ο οποίος τον χρησιμοποιεί με πολύ ασάφεια λέγοντας πως «Ενέργεια είναι αυτό που βρίσκεται μέσα στο σύστημα και το κάνει ικανό να προκαλεί εξωτερικές δράσεις». Η πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο ήταν η ίδια η δικά του ενέργεια. Η ανθρώπινη ενέργεια. Ο προϊστορικός άνθρωπος αυτήν χρησιμοποίησε για να μεταβάλει τον κόσμο γύρω του και να επιβιώσει. Όσο ο άνθρωπος αποκτούσε μεγαλύτερο έλεγχο πάνω στην φύση τόσο η ανάγκη για περισσότερη ενέργεια γινόταν επιτακτικότερη. Στο ενεργειακό οπλοστάσιο του πρωτόγονου ανθρώπου προστέθηκε η φωτιά. Η φωτιά σηματοδοτεί και την πρώτη σημαντική επέμβαση στο ενεργειακό ισοζύγιο της γης. Για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα οι ενεργειακές επεμβάσεις του ανθρώπου στο σύστημα της γης ήταν σχετικά ήπιες. Τα πράγματα όμως άλλαξαν δραματικά τον προηγούμενο αιώνα με την επανάσταση του ατμού και την βιομηχανική επανάσταση. Η ανάγκη του ανθρώπου για περισσότερη ενέργεια συμβαδίζει με το επίπεδο του τεχνολογικού πολιτισμού. Ο άνθρωπος στράφηκε στις πρωτογενείς μορφές ενέργειας όπως τις χαρακτηρίζουμε. Το πετρέλαιο, τα στερεά καύσιμα (λιγνίτες, λιθάνθρακες κ.λ.π.) και σε μικρότερο βαθμό στο φυσικό αέριο.

Η συγκέντρωση του κόσμου στα μεγάλα αστικά κέντρα, η ένταση των δραστηριοτήτων, τα μέσα μεταφοράς και γενικότερα ο τρόπος ζωής οδήγησαν στην αύξηση των ενεργειακών αναγκών. Αποτέλεσμα υπήρξε η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας.

1.1. Το Ενεργειακό Πρόβλημα στην Ελλάδα

Είναι φανερό ότι τα τελευταία χρόνια ο γοργός ρυθμός αύξησης του πληθυσμού συνοδευόμενος από την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου του ανθρώπου οδηγεί στην υπερδραστηριοποίηση του και κατ' επέκταση στην αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Ακόμα, η αυξημένη τάση για ανοικοδόμηση που παρατηρείται στις μέρες μας και κυρίως η δημιουργία αρκετά ενεργοβόρων εγκαταστάσεων καθώς και η αλόγιστη χρήση των ενεργειακών πηγών αποδείχτηκαν εξαιρετικά επιβαρυντικές για το περιβάλλον επιβαρύνοντας το με ρύπους – κυρίως διοξείδιο του άνθρακα – επιδεινώνοντας έτσι το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών παρουσιάζεται αξιοσημείωτη αύξηση των ενεργειακών αναγκών σε όλους του τομείς συμπεριλαμβανομένου και του κτιριακού, ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται μία σταδιακά αυξανόμενη μείωση των ορυκτών αποθεμάτων. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως ο άνθρωπος σήμερα χρησιμοποιεί ενέργεια ίση με 1000 MJ ανα ημέρα, δηλαδή περίπου 150 φορές περισσότερη από τον πρωτόγονο άνθρωπο.

Το ενεργειακό πρόβλημα ξεκινά λοιπόν απο την εμφανή μείωση των ενεργειακών αποθεμάτων σε συνδιασμό με την διαρκή αύξηση κατανάλωσης ενέργειας.



Εικόνα 1.1 : Μέρη τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα στην Ελλάδα (Πηγή: Greece 2011, European Commission, DG Energy, A1 – June 2011)

Μια ερώτηση στην οποία πρέπει να δοθεί απάντηση είναι τι συμβαίνει ή τι πρόκειται να συμβεί στην Ελλάδα αναφορικά με το ενεργειακό πρόβλημα. Αναπόφευκτα και στη χώρα μας ακολουθούνται οι πολιτικές της Ε.Ε. με καθυστέρηση και χωρίς προσαρμογή στα δεδομένα της χώρας. Έτσι, μέχρι τώρα έχουν υλοποιηθεί προγράμματα: εξοικονόμησης ενέργειας, εισαγωγής ΑΠΕ, παραγωγής βιοκαυσίμων κ.ά., τα οποία δεν είχαν το απαιτούμενο μέγεθος παρέμβασης, αλλά ταυτόχρονα δεν συνοδεύονταν από ευκρινείς και ποσοτικοποιημένους στόχους, με συνέπεια τα

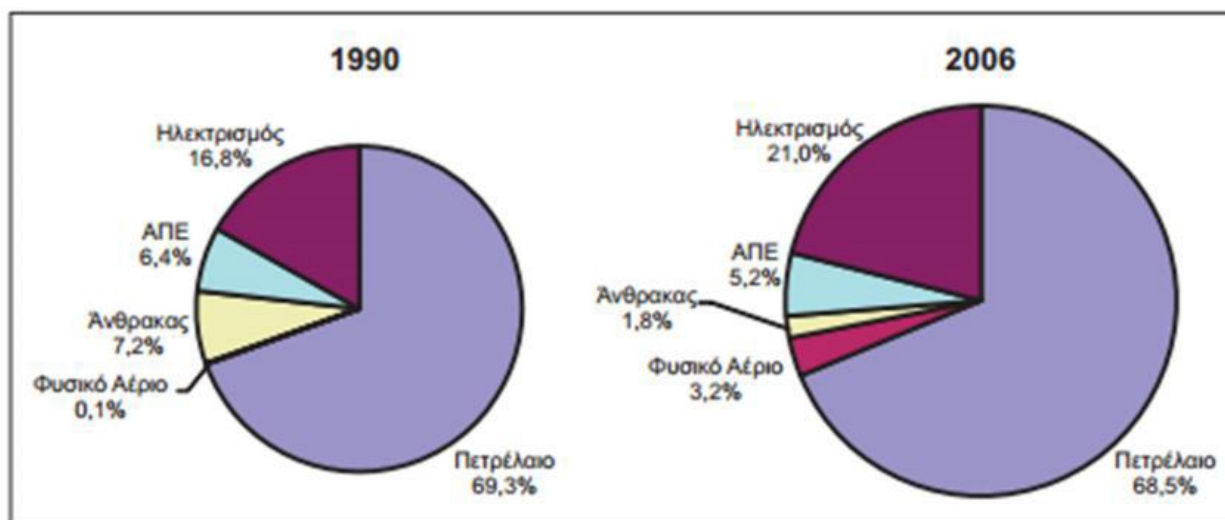
αποτελέσματα να επιφέρουν ασήμαντες μεταβολές στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας. Είναι κοινότοπη αναφορά το γεγονός ότι η Ελλάδα διαθέτει σημαντικό δυναμικό ΑΠΕ (ηλιακό, αιολικό), το οποίο άμεσα είναι απαραίτητο να αξιοποιηθεί σε συνδυασμό με πολλαπλές δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας.

Η σταδιακή αλλαγή του ενεργειακού συστήματος από την εξοικονόμηση, τις ΑΠΕ, δεν είναι μόνο αποτελεσματική αλλά και αναγκαία για τη συνολική αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος. Έτσι, τα φαινομενικά ετερόκλητα και ασύνδετα μεταξύ τους προβλήματα όπως η ρύπανση του περιβάλλοντος, η ανεπάρκεια του νερού, οι πληθωριστικές πιέσεις, οι χαμηλοί ρυθμοί ανάπτυξης η σπατάλη φυσικών πόρων κ.ά., θα υποχωρούν ανάλογα με το βαθμό αλλαγής του ενεργειακού συστήματος.

1.2. Η Ενεργειακή Κατανάλωση σε Εθνικό και Ευρωπαϊκό επίπεδο

Στην Ελλάδα, την κύρια πηγή ενέργειας αποτελεί ο λιγνίτης ο οποίος χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Το 86% περίπου της συνολικής εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο και λιγνίτη). Το φυσικό αέριο και γενικότερα οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας άρχισαν να αποτελούν αξιοσημείωτη πηγή ενέργειας μόλις στα τέλη της δεκαετίας του '90. Η ενεργειακή εξάρτηση της χώρας ξεπερνά αρκετά τον κοινοτικό μέσο όρο της τάξης του 55% αγγίζοντας το 2006 ποσοστά της τάξης του 75%, εξαιτίας κυρίως των εισαγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Η τελική κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε κατά 50% κατά την περίοδο 1990-2006 ως αποτέλεσμα της καλής οικονομικής κατάστασης της χώρας κατά την ίδια περίοδο.

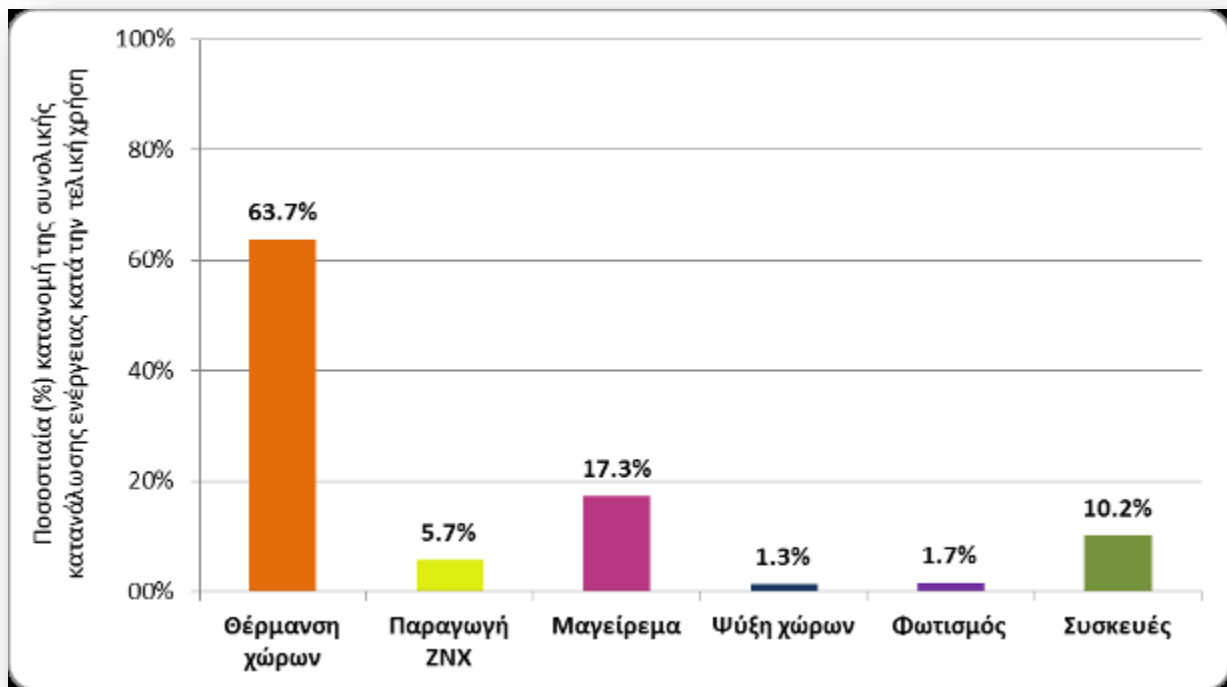


Εικόνα 1.2: Κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο στην Ελλάδα (Πηγή: http://www.cres.gr/kape/pdf/download/Energy_Outlook_2009_EL%20.pdf)

Αναλύοντας την τελική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο, φαίνεται, ότι τα προϊόντα πετρελαίου καλύπτουν περίπου το 70% της ζήτησης, ο ηλεκτρισμός το 20%, τα στερεά καύσιμα το 2%, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) το 5% και το φυσικό αέριο μόλις το 3 %.

Τα επίπεδα της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα είναι μεσαία σε σχέση με τις παγκόσμιες τιμές.

Το παρακάτω διάγραμμα της Εικόνας 1.3 δείχνει πως κατανέμεται η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά νοικοκυριά.



Εικόνα 1.3 : Ποσοστιαία κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά την τελική χρήση <http://www.cres.gr/kape/index.htm>

Όπως παρατηρείται η θέρμανση των χώρων αποτελεί την σημαντικότερη ειδική ενεργειακή κατανάλωση για όλα τα κτίρια στην χώρα. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε μια σειρά απο παραμέτρους που σχετίζονται με το πλήθος των εγκατεστημένων συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού και με το είδος προστασίας των κτιρίων κατά την χειμερινή και θερινή περίοδο.

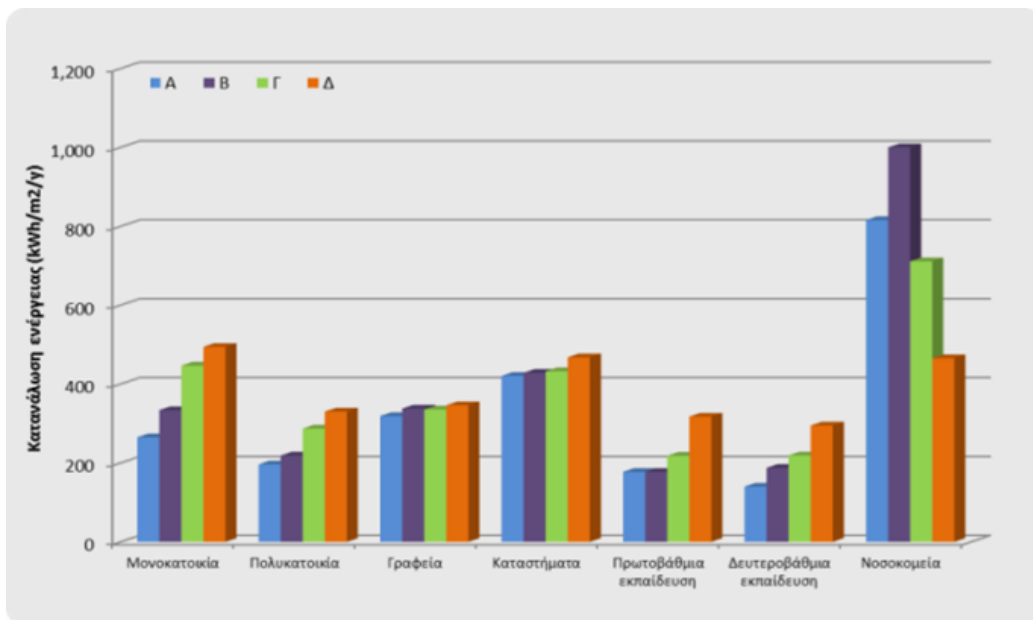
Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο αντιστοιχούν στο 36% περίπου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομες θερμαινόμενες κατοικίες οι οποίες χρησιμοποιούν πετρέλαιο σε ποσοστό 25%, ηλεκτρισμό σε ποσοστό 12% και καυσόξυλα σε ποσοστό 18%.

Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό αλλά και ευρωπαϊκό επίπεδο κυρίως με μορφή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας και αποτελεί ίσως τον σημαντικότερο οικονομικό χώρο της Ευρώπης, παρουσιάζοντας ετήσιο κύκλο εργασιών που ξεπερνά τα 400 δις Ευρώ.

Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στην Ελλάδα, είναι της τάξης των 4.6 Mtoe, και αντιστοιχούν 0.55 Mtoe ενέργειας ανά κάτοικο το έτος, δηλαδή περίπου το μισό της αντίστοιχης κατανάλωσης στην υπόλοιπη Ευρώπη. Η διαχρονική μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων στην Ελλάδα είναι καθαρά αυξητική και ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων είναι περίπου 1,8%.

Ειδικότερα, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στα μεγάλα αστικά κέντρα έχει συντελέσει στην δραματική αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για τον δροσισμό των κτιρίων κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η απαιτούμενη ενέργεια για τον δροσισμό ενός κτιρίου στο κέντρο της Αθήνας είναι σχεδόν διπλάσια από την απαιτούμενη στην περιφέρεια της πόλης.

Στο παρακάτω διάγραμμα της Εικόνας 1.4 παρουσιάζεται η μέση ενεργειακή κατανάλωση διάφορων τύπων κτιρίων ανα είδος χρήσης.



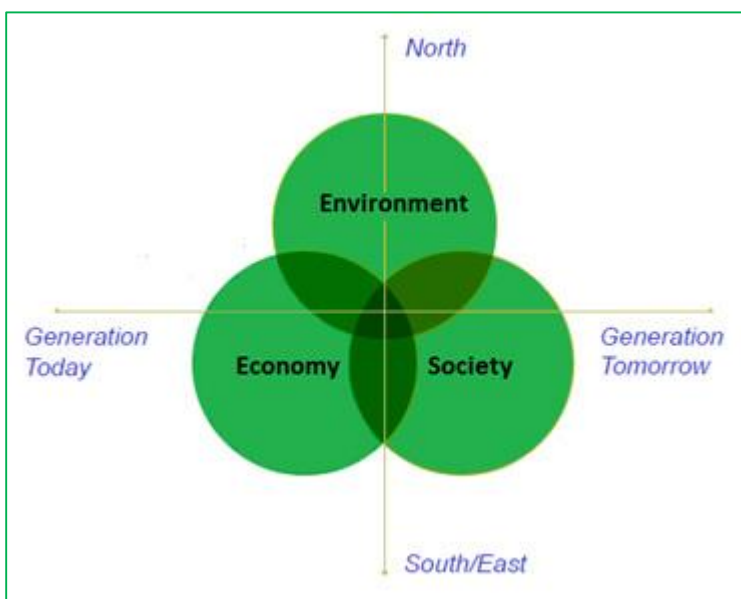
Εικόνα 1.4 : Καταναλώσεις ενέργειας ανα τύπο κτιρίου <http://www.cres.gr/energyhubforall/2.2.html>

1.3. Αειφόρος Ανάπτυξη

Η υπερκαταναλωση ενέργειας οδηγεί στην αλόγιστη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων γεγονός που αναγκάζει τον άνθρωπο να προβληματιστεί σχετικά με την διαθέσιμη ποσότητα των πόρων αυτών και στραφεί σε άλλες λύσεις με βασικό άξονα τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε). Η γη είναι περιορισμένη τόσο σε μέγεθος όσο και σε φυσικούς πόρους. Οι μεταφορές, η βιομηχανία και η κατανάλωση ενέργειας αποτελούν πηγές ρύπανσης. Τα νέα αυτά δεδομένα δημιουργώντας μια αρχική ανησυχία έχουν σταδιακά οδηγήσει στην εναλλακτική λύση της βιώσιμης ή αειφόρου ανάπτυξης.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, αναγνωρίζοντας την σημασία του τρόπου ζωής των σύγχρονων κοινωνιών, των επιδράσεων τους στο περιβάλλον και την κατασπατάληση των περιορισμένων φυσικών πόρων της γης, εισήγαγε και προωθεί

την ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης σε όλες τις πολιτικές της. Απώτερος στόχος είναι η αειφόρος ανάπτυξη, δηλαδή, «μια ανάπτυξη που ανταποκρίνεται στις παρούσες ανάγκες χωρίς να υποθηκεύει τις δυνατότητες των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους». Με άλλα λόγια, η σημερινή ανάπτυξη πρέπει να μη θέτει σε κίνδυνο τις αναπτυξιακές δυνατότητες των μελλοντικών γενεών. [1]



Εικόνα 1.5 : Αλληλεπίδραση κοινωνίας, οικονομίας και περιβάλλοντος για την επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης.
http://www.aktorfm.gr/etairiki_koinoniki_euthyni/

Η αειφόρος Ανάπτυξη αποσκοπεί αφενός στο να βελτιώσει τις συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπου, διαφυλάσσοντας παράλληλα το περιβάλλον βραχυπρόθεσμα και, κυρίως, μακροπρόθεσμα και αφετέρου σε μια οικονομική ανάπτυξη η οποία να είναι αποτελεσματική, κοινωνικά δίκαιη και περιβαλλοντικά βιώσιμη.

Το γεγονός ότι υπάρχουν πολλοί που δείχνουν ενδιαφέρον για το μοντέλο της αειφόρου ανάπτυξης, υποδηλώνει ότι η κάλυψη των αναγκών του μέλλοντος εξαρτάται άμεσα από το πόσο καλά θα εξισορροπηθεί η κοινωνική, οικονομική και περιβαλλοντική κατάσταση – ανάγκη, εάν οι αποφάσεις ληφθούν σύντομα. Σήμερα, επιτακτικά πρέπει να το υπερασπιστούμε ως το πιο ολοκληρωμένο, καθώς λαμβάνει υπόψη του τον παράγοντα άνθρωπο και κάνει την οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον έννοιες συμβατές μεταξύ τους. [1]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

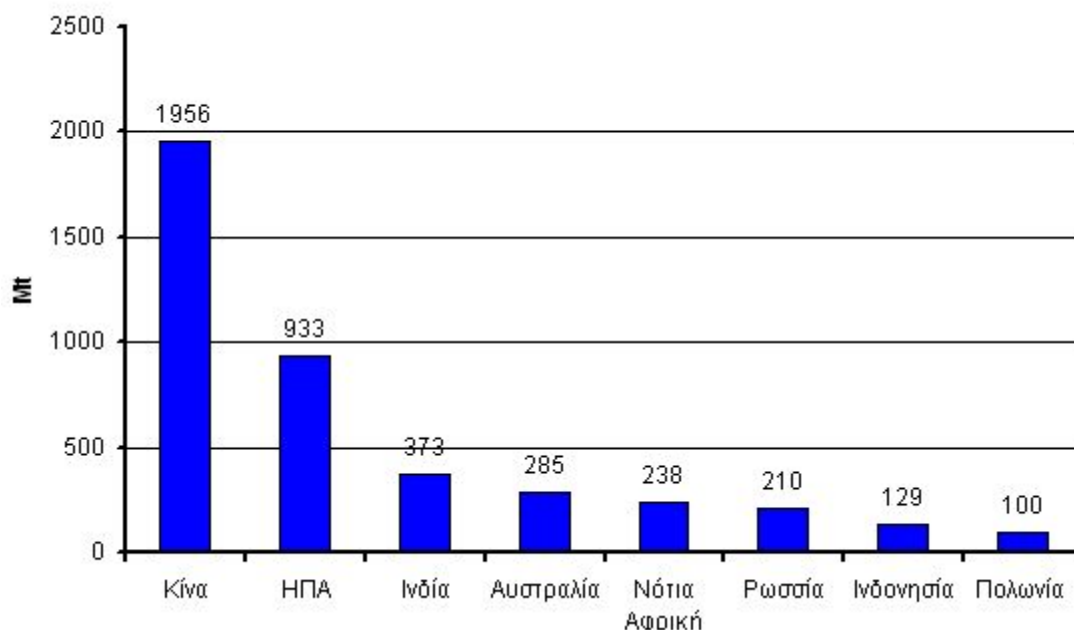
Πηγές Ενέργειας

2.1. Μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χαρακτηρίζονται οι πηγές οι οποίες δεν αναπληρώνονται ή αναπληρώνονται εξαιρετικά αργά για τα ανθρώπινα μέτρα από φυσικές διαδικασίες. Στις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνονται κυρίως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, γνωστά και ως ορυκτά καύσιμα. Βέβαια, η φύση δεν σταματά να δημιουργεί ούτε άνθρακα ούτε πετρέλαιο. Αν αναλογισθούμε όμως ότι η ανθρωπότητα καταναλώνει ημερησίως τόση ποσότητα ορυκτών καυσίμων όση μπορεί η φύση να δημιουργήσει σε χίλια περίπου χρόνια, αντιλαμβανόμαστε πλέον την έννοια της ανανεωσιμότητας. [4]

2.1.1. Γαιάνθρακες

Ο όρος "γαιάνθρακες" χαρακτηρίζει τα οργανικά ιζήματα που προήλθαν από φυτικά υπολείμματα μέσω μιας σειράς διεργασιών ενανθράκωσης. Οι διεργασίες αυτές είχαν ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό των φυτικών υπολειμμάτων σε άνθρακα. Η μετατροπή των φυτών σε τύρφη και η μετάβαση από την τύρφη (αρχικό στάδιο αναθράκωσης) στον ανθρακίτη (τελικό στάδιο αναθράκωσης) είναι συνάρτηση της επίδρασης του χρόνου, της θερμοκρασίας και της πίεσης. Οι ειδικοί επιστήμονες εκτιμούν ότι απαιτείται στρώμα 2,5 μέτρων φυτικής ύλης για τη δημιουργία άνθρακα στρώματος 30 εκατοστών. [4]



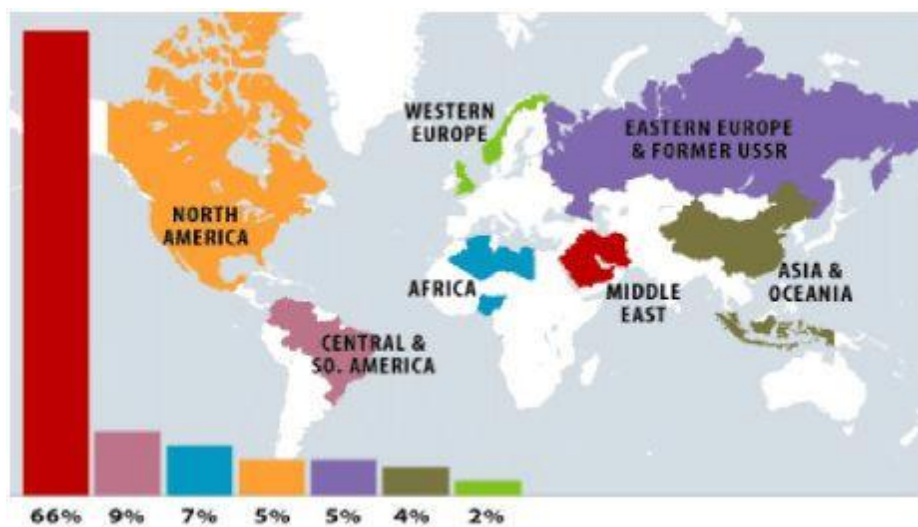
Εικόνα 2.1: Παραγωγή γαιανθράκων κατά το έτος 2005 <http://www.prasinistegi.gr/>

Η μετατροπή της φυτικής ύλης σε άνθρακα ξεκίνησε πριν 400 περίπου εκατομμύρια χρόνια και βεβαίως συνεχίζεται μέχρι σήμερα.

2.1.2. Πετρέλαιο

Το πετρέλαιο βρίσκεται στο υπέδαφος σε υγρή μορφή, μέσα σε κοιλότητες, σχηματίστηκε εκεί από ζωικούς και φυτικούς μικροοργανισμούς, κυρίως θαλάσσιους, οι οποίοι συγκεντρώθηκαν από τα θαλάσσια ρεύματα στο βάθος λεκανών, όπου και καταπλακώθηκαν λόγω επιχωματώσεων ή άλλων διαδικασιών. Εκεί, χωρίς την παρουσία αέρα, μετατράπηκαν σε πετρέλαιο κατά την διάρκεια χιλιάδων ετών. Η ενέργεια του πετρελαίου προέρχεται από την ενέργεια που είχαν συγκεντρώσει από τον ήλιο και την τροφή τους οι μικροοργανισμοί που το δημιούργησαν.

Σήμερα αντλούμε το πετρέλαιο από τα υπόγεια κοιτάσματά του, ακόμα και αν αυτά βρίσκονται κάτω από τον πυθμένα της θάλασσας. Τα κύρια συστατικά του είναι αλκάνια (παραφίνες), κυκλοεξάνια (ναφθένια) και αρωματικοί υδρογονάνθρακες και σε μικρότερες ποσότητες οξυγονούχες, αζωτούχες και θειούχες ενώσεις. Το πετρέλαιο αποτελεί το σημαντικότερο ορυκτό για την παγκόσμια οικονομία, καθώς αποτελεί την κύρια πρωτογενή πηγή ενέργειας και την πρώτη ύλη από την οποία παράγεται ένας τεράστιος αριθμός προϊόντων (πλαστικά, φάρμακα, καλλυντικά, απορρυπαντικά, φιλμ. μαγνητοταινίες, εκρηκτικά κλπ.). [4]

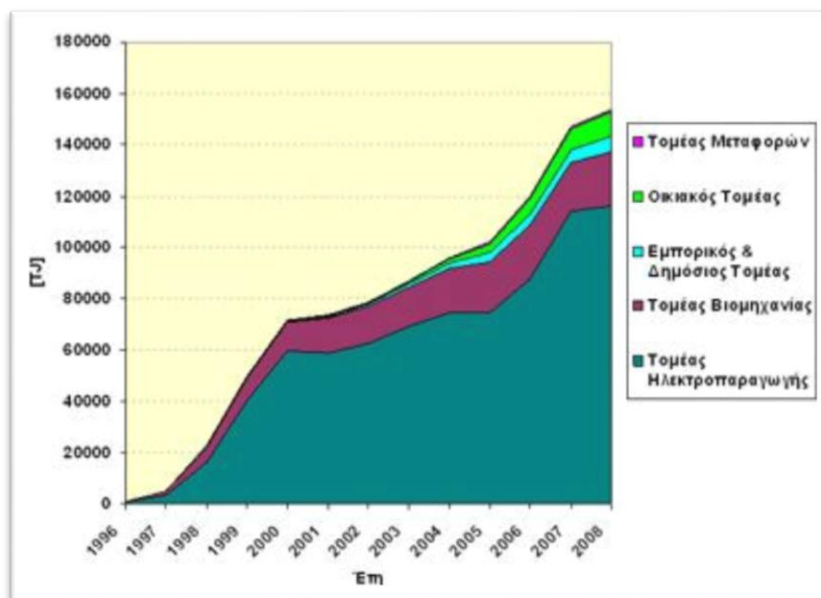


Εικόνα 2.2 : Παγκόσμια Αποθέματα Πετρελαίου <http://www.slideshare.net/atavar/ss-9476977>

Όπως παρατηρούμε στον παραπάνω χάρτη, τα κράτη της Μέσης Ανατολής (Σαουδική Αραβία, Ιράκ, Ιράν, Κουβέιτ και Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα) έχουν υπέδαφος πλούσιο σε κοιτάσματα πετρελαίου και διαθέτουν τα περισσότερα αποθέματα από όλα τα υπόλοιπα κράτη της Γης μαζί (συγκεκριμένα διαθέτουν τα 2/3 των αποθεμάτων της παγκόσμιας παραγωγής).

2.1.3. Φυσικό Αέριο

Το φυσικό αέριο είναι μίγμα υδρογονανθράκων και αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και σε πολύ μικρότερη αναλογία από αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο και πεντάνιο. Καθοριστικός παράγοντας για τη σύστασή του, αποτελεί η προέλευσή του και ιδιαίτερα εάν πρόκειται για αμιγώς κοιτάσμα φυσικού αερίου ή προκύπτει από κοιτάσματα πετρελαίου. Η εμπορική αξιοποίησή του ξεκίνησε περίπου το 1810 ως καύσιμο σε λάμπες φωτισμού ενώ μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου κατασκευάστηκαν τα πρώτα δίκτυα μεταφοράς και διανομής φυσικού αερίου. Στα προτερήματά του ως πηγή ενέργειας περιλαμβάνονται η δυνατότητα μεταφοράς του σε μεγάλες αποστάσεις μέσω αγωγών και βεβαίως η συγκριτικά φιλική προς το περιβάλλον καύση του. [4]



Εικόνα 2.3 : Κατανάλωση φυσικού αερίου ανα τομέα

<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=280>

2.1.4. Πυρηνική Ενέργεια

Η ενέργεια που εκλύεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις. Στην πράξη ο όρος πυρηνική ενέργεια χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει την ενέργεια που απελευθερώνεται σε τεράστιες ποσότητες κατά την πυρηνική σχάση, δηλαδή τη διάσπαση ατομικών πυρήνων προς ελαφρότερους, και κατά την πυρηνική σύντηξη, δηλαδή την ένωση πυρήνων για το σχηματισμό βαρύτερων[4]. Μη ελεγχόμενες πυρηνικές αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα κατά την έκρηξη της ατομικής βόμβας ή της βόμβας υδρογόνου. Ελεγχόμενες πυρηνικές αντιδράσεις χρησιμοποιούνται ως πρωτογενής ενεργειακή πηγή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας μέσω ειδικών κινητήρων. Έως το 1995 οι εφαρμογές των κινητήρων που χρησιμοποιούν πυρηνικά καύσιμα περιορίζονταν στη ναυσιπλοΐα (πολεμικά πλοία, υποβρύχια, παγοθραυστικά, εμπορικά πλοία - σε μικρή όμως κλίμακα), ενώ διεξάγονταν προσπάθειες και για την κατασκευή πυρηνικών πυραυλοκινητήρων. Ωστόσο, πολύ σπουδαιότερη για την παγκόσμια οικονομία είναι η χρήση της πυρηνικής ενέργειας ως πρωτογενούς ενεργειακής πηγής με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων που ονομάζονται πυρηνικοί αντιδραστήρες.



Εικόνα 2.4 : Σταθμοί Πυρηνικής Ενέργειας

<http://ecology-salonika.org/2010/03/24/the-world-map-of-nuclear-energy/>

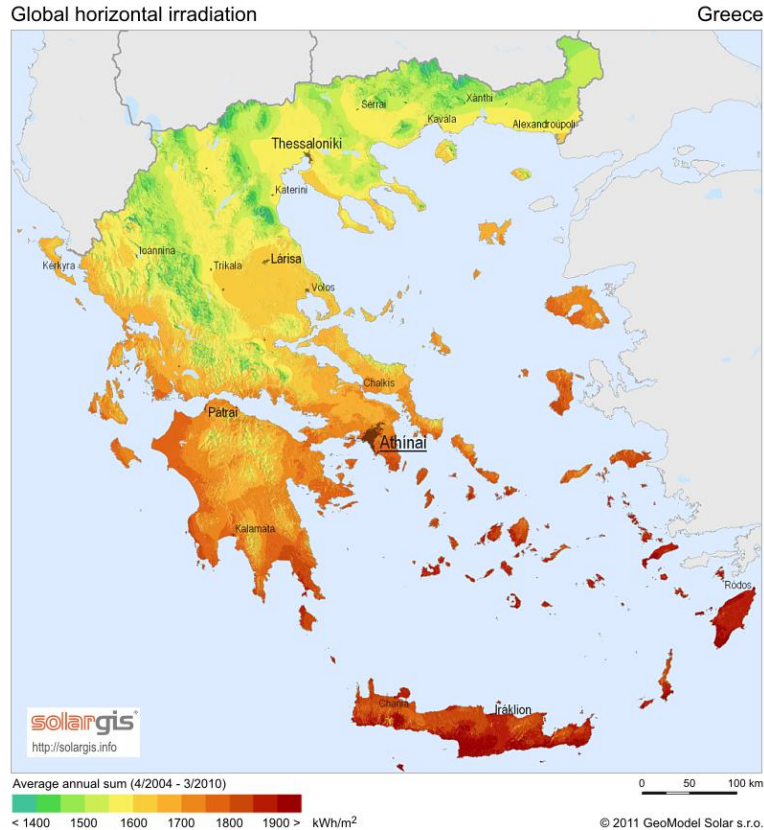
2.2. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν οριστεί οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες υπάρχουν εν αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Είναι η πρώτη μορφή ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος πριν στραφεί έντονα στη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Οι ΑΠΕ πρακτικά είναι ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν σαν σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους. Το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών εμφανίσθηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974 και παγιώθηκε μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων την τελευταία δεκαετία. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο κλάδος που ευθύνεται κατά κύριο λόγο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο μόνος δυνατός τρόπος που διαφαίνεται για να μπορέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση να ανταποκριθεί στο φιλόδοξο στόχο που έθεσε το 1992 στη συνδιάσκεψη του Ρίο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, να περιορίσει δηλαδή, μέχρι το έτος 2000 τους ρύπους του διοξειδίου του άνθρακα στα επίπεδα του 1993, είναι να επιταχύνει την ανάπτυξη των ΑΠΕ. [6]

2.2.1. Ηλιακή Ενέργεια

Ο ήλιος εκπέμπει τεράστια ποσότητα ενέργειας. Η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού με δύο τρόπους: με θερμικές και φωτοβολταϊκές εφαρμογές. Η πρώτη είναι η συλλογή της ηλιακής ενέργειας με στόχο την παραγωγή θερμότητας (χρησιμοποιείται κυρίως για τη θέρμανση του νερού και τη μετατροπή του σε ατμό για την κίνηση τουρμπίνων), ενώ στη δεύτερη εφαρμογή τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρισμό με τη χρήση φωτοβολταϊκών κυψελών ή συστοιχιών. Αυτή η τεχνολογία που εμφανίστηκε στις αρχές του 1970 στα διαστημικά προγράμματα των ΗΠΑ έχει μειώσει το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού με αυτόν τον τρόπο από \$300 σε \$4 το Watt. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές όπου η σύνδεση με το δίκτυο είναι πολύ ακριβή. Αν και όλη η γη δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, η ποσότητά της εξαρτάται κυρίως από τη γεωγραφική θέση, την ημέρα, την εποχή και τη νεφοκάλυψη. Για παράδειγμα, η έρημος δέχεται περίπου το διπλάσιο ποσό ηλιακής ενέργειας από άλλες περιοχές.[5],[6]

Στο μεγαλύτερο τμήμα της χώρα μας η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2700 ώρες το χρόνο. Στη Δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές κυμαινόμενη από 2200 ως 2300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3100 ώρες ετησίως.



Εικόνα 2.5 : Ηλιακή ακτινοβολία στον ελλαδικό χώρο

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1

Η δράση της ηλιακής ενέργειας αξιοποιείται με την εφαρμογή παθητικών, ενεργητικών και φωτοβολταϊκών συστημάτων όπου θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο.

2.2.2. Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό τους ανέμους.

Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη. Αν υπήρχε η δυνατότητα, με τη σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα (Αιολική ενέργεια, ΚΑΠΕ 1998). Υπολογίζεται ότι στο 25 % της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1 m/sec, σε ύψος 10 m πάνω από το έδαφος.

Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Άλλωστε το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την " πρώτη" περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας.

Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί να γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξης της. Από το 1982, οπότε εγκαταστάθηκε από τη ΔΕΗ το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο, μέχρι και σήμερα έχουν κατασκευασθεί στην Άνδρο, στην Εύβοια, στη Λήμνο, Λέσβο, Χίο, Σάμο και στην Κρήτη εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο συνολικής ισχύος πάνω από 30 MW. Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης εκδηλώνει και ο ιδιωτικός τομέας για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα στην Κρήτη, όπου το Υπουργείο Ανάπτυξης έχει εκδώσει άδειες εγκατάστασης για νέα αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος δεκάδων MW. [5]

Σήμερα η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και ονομάζονται ανεμογεννήτριες.

Κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, όπου ο δρομέας είναι τύπου έλικας και ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο και
- τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα που παραμένει σταθερός.



Εικόνα 2.6 : Αιολικό Πάρκο στον νομό Δράμας

<http://energypress.gr/news/se-leitoyrgia-pto-aioliko-parko-sti-drama>

Στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα σε ποσοστό 90 %. Η ισχύς τους μπορεί να ξεπερνά τα 500 Kw και μπορούν να συνδεθούν κατευθείαν στο ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας. Έτσι μια συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών, που ονομάζεται αιολικό πάρκο, μπορεί να λειτουργήσει σαν μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. [6]

2.2.3. Γεωθερμική Ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια, η φυσική θερμότητα στο εσωτερικό της γης, προκύπτει από την αρχαία θερμότητα που παραμένει στο πυρήνα της Γης, από την τριβή όταν ηπειρωτικές πλάκες ολισθαίνουν κάτω από κάθε άλλο, και από το αποσύνθεση των ραδιενεργών στοιχείων που εμφανίζονται φυσικά σε μικρές ποσότητες σε όλα τα πετρώματα. Για χιλιάδες χρόνια, οι άνθρωποι έχουν επωφεληθεί από τις ιαματικές πηγές και τα ανοίγματα ατμού, χρησιμοποιώντας τους για κολύμβηση, το μαγείρεμα και θέρμανση. Κατά τη διάρκεια αυτού του αιώνα, οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν καταστήσει δυνατή και οικονομική για να εντοπίστε και ανοίξτε σε δεξαμενές υδροθερμική, σωλήνας ο ατμός ή ζεστό νερό στην επιφάνεια, και η χρήση η θερμότητα άμεσα (για θέρμανση χώρου, της υδατοκαλλιέργειας, καθώς και βιομηχανικές διαδικασίες) ή να μετατρέψει τη θερμότητα σε ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 2.7 : Γεωθερμική Ενέργεια

<http://www.allaboutenergy.gr/GeothermikiEnergeia.html>

Το ποσό της γεωθερμικής ενέργειας είναι τεράστια. Οι επιστήμονες εκτιμούν ότι μόνο το 1% της θερμότητας που περιέχονται σε μόλις τα ανώτατα 10 χιλιόμετρα του φλοιού της γης ισοδυναμεί με 500 φορές τα ενέργεια που περιέχεται σε όλους τους πόρους πετρελαίου και φυσικού αερίου της γης. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι αυτή η θερμότητα είναι παρούσα σε πρακτικά ανεξάντλητες ποσότητες, είναι άνισα κατανομημένη, σπανίως συγκεντρώνεται και συχνά σε βάθη πολύ μεγάλη για να αξιοποιηθούν βιομηχανικά και οικονομικά. [2]

2.2.4. Βιομάζα

Με τον όρο βιομάζα χαρακτηρίζουμε οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο και με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί προσλαμβάνουν αυτή την ενέργεια με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της.

Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα μετά την επεξεργασία και τη χρήση της, ενώ αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση. Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Όλα τα παραπάνω υλικά, που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών μπορούν να μετατραπούν σε ενέργεια. [4]

2.2.5. Υδραυλική Ενέργεια

Υδραυλική και εν μέρει υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια που αποταμιεύεται ως δυναμική ενέργεια μέσα σε βαρυτικό πεδίο με τη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων νερού σε υψομετρική διαφορά από τη συνέχιση της ροής του ελεύθερου νερού, και αποδίδεται ως κινητική μέσω της υδατόπτωσης. Η κινητική ενέργεια, στη συνέχεια, μπορεί είτε να χρησιμοποιείται αυτούσια επιτόπου (π.χ. νερόμυλοι), είτε να μετατρέπεται σε ηλεκτρική ή άλλες, που την αποθηκεύουν, ώστε τελικά να μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις. Στον γήινο κύκλο του νερού η ενέργεια προέρχεται κυρίως από τον ήλιο που εξατμίζει, σηκώνει ψηλά δηλαδή (στην ατμόσφαιρα), μεγάλες ποσότητες νερού. Η εκμετάλλευση της ενέργειας στον κύκλο αυτό γίνεται με τη χρήση υδροηλεκτρικών έργων (υδατοταμιευτήρες, φράγματα, κλειστοί αγωγοί πτώσεως, υδροστρόβιλοι, ηλεκτρογεννήτριες, διώρυγες φυγής).[21] [3]



Εικόνα 2.8 : Υδροηλεκτρικό έργο

<http://www.hellenic-college.gr/works/energy-sources/ydro.htm>

Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων βασίζεται στην κίνηση του νερού λόγω διαφοράς μανομετρικού ύψους μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζεται ένα φράγμα που συγκρατεί την απαιτούμενη ποσότητα νερού στον δημιουργούμενο ταμιευτήρα. Κατά τη διέλευσή του από τον αγωγό πτώσεως κινεί έναν στρόβιλο ο οποίος θέτει σε λειτουργία τη γεννήτρια.

Η ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας καθορίζεται από τον όγκο του νερού που ρέει, τη διαφορά μανομετρικού ύψους μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του ταμιευτήρα και του στροβίλου, κ.α.. Συνεπώς, ο παραγόμενος ηλεκτρισμός εξαρτάται από την ποσότητα του νερού του ταμιευτήρα. Για το λόγο αυτόν μόνο σε περιοχές με σημαντικές βροχοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευαστούν υδροηλεκτρικά έργα. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά ως προς άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, καλύπτοντας φορτία αιχμής.

Τα υδροηλεκτρικά έργα ταξινομούνται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά έργα διαφέρουν σημαντικά από της μεγάλης κλίμακας σε ότι αφορά τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.

- Οι μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η κατασκευή φραγμάτων περιορίζει τη μετακίνηση των ψαριών, της άγριας ζωής και επηρεάζει ολόκληρο το οικοσύστημα καθώς μεταβάλλει ριζικά τη μορφολογία της περιοχής.
- Αντίθετα, τα μικρής κλίμακας υδροηλεκτρικά εγκαθίστανται δίπλα σε ποτάμια ή κανάλια και η λειτουργία τους παρουσιάζει πολύ μικρότερη περιβαλλοντική όχληση. Για το λόγο αυτό, οι υδροηλεκτρικές μονάδες μικρότερης δυναμικότητας των 30 MW χαρακτηρίζονται ως μικρής κλίμακας

υδροηλεκτρικά έργα και συμπεριλαμβάνονται μεταξύ των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Κατά τη λειτουργία τους, μέρος της ροής ενός ποταμού οδηγείται σε στρόβιλο για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας και συνακόλουθα ηλεκτρικής μέσω της γεννήτριας. Η χρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού κατόπιν επιστρέφει στο φυσικό ταμιευτήρα ακολουθώντας τη φυσική της ροή.

2.3 Η χρήση των ΑΠΕ στην Ελλάδα

Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), αλλά δυστυχώς μένει ανεκμετάλλευτο. Η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική κατανάλωση ενέργειας περιορίζεται περίπου στο 6%.



Εικόνα 2.9 : Φωτοβολταϊκό Πάρκο

και μεσαίων εταιρειών έχουν δείξει ενδιαφέρον για τη χρήση φωτοβολταϊκής ενέργειας.

Αρχικά, διαθέτει πλούσιο ηλιακό δυναμικό και εκτιμάται ότι η ηλιακή ενέργεια μπορεί να καλύψει το ένα τρίτο των ενεργειακών αναγκών της χώρας. Τα τελευταία χρόνια η χώρα μας ενθαρρύνει την ανάπτυξη της ηλιακής θερμικής ενέργειας και μέχρι σήμερα πολλοί κρατικοί φορείς, βιομηχανίες, τουριστικές μονάδες και πλήθος μικρών

Επίσης, έχουν δημιουργηθεί σε όλη τη χώρα 5 μονάδες παραγωγής φωτοβολταϊκών πάνελ, για να τροφοδοτούν την αγορά με τον κατάλληλο εξοπλισμό, καθώς και μια μονάδα επεξεργασίας πυριτίου που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των πάνελ. Ωστόσο, η ανάπτυξή της δεν είναι αυτή που θα έπρεπε, γιατί το κόστος εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι αρκετά υψηλό. Αυτό λειτουργεί αποτρεπτικά, ειδικά στην περίπτωση που ασχολούνται με τα οικιακά και τα άτομα που σχεδιάζουν μια στροφή προς την ηλιακή ενέργεια. [4]

Η χώρα διαθέτει, επίσης, εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αξιοποίησή του μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αιεφόρο ανάπτυξή της. Αιολικά πάρκα υπάρχουν στην Κύθνο, στην Άνδρο, στην Εύβοια, στη Λήμνο, Λέσβο, Χίο, Σάμο και στην Κρήτη. Σημαντικό εμπόδιο στην ακόμη μεγαλύτερη ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας αποτελεί και πάλι ο οικονομικός παράγοντας. Παρότι το κόστος της αιολικής ενέργειας έχει μειωθεί δραματικά τα τελευταία 10 χρόνια, η τεχνολογία απαιτεί μια αρχική επένδυση υψηλότερη από εκείνη των γεννητριών που λειτουργούν με καύση ορυκτών.

Η γεωθερμία υπάρχει άφθονη στον ελλαδικό χώρο, λόγω κατάλληλων γεωλογικών συνθηκών. Ισχυρά γεωθερμικά πεδία υπάρχουν άφθονα σε κάποια νησιά, π.χ. Μήλος, Νίσυρος, και στη Βόρεια Ελλάδα, όπως στη λεκάνη του Στρυμόνα, στο Δέλτα του Νέστου και στη λεκάνη των λιμνών Βόλβης και Λαγκαδά, τα οποία προσφέρονται για θέρμανση, θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες κ.λπ.

Η βιομάζα, επίσης, τα τελευταία χρόνια, αποκτά μια πληθώρα εφαρμογών στη χώρα μας, που αφορούν: α) την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης-ψύξης ή και ηλεκτρισμού σε γεωργικές και άλλες βιομηχανίες β) την τηλεθέρμανση κατοικημένων περιοχών γ) τη θέρμανση θερμοκηπίων δ) την παραγωγή υγρών καυσίμων με διάφορες διαδικασίες (θερμοχημικές-βιοχημικές). Όμως, το μεγαλύτερο μέρος της βιομάζας, δυστυχώς, παραμένει κι αυτό αναξιοποίητο.

Τέλος, στη χώρα μας έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό τα υδροηλεκτρικά έργα. Παρόλα αυτά ένα μεγάλο μέρος του υδροηλεκτρικού δυναμικού παραμένει αναξιοποίητο και εντοπίζεται κυρίως στην ηπειρωτική Ελλάδα. Τα τέσσερα σημαντικότερα μεγάλα υδροηλεκτρικά συγκροτήματα βρίσκονται στους ποταμούς Αχελώο, Αλιάκμονα, Άραχθο και Νέστο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

3.1. Εισαγωγή

Στο ξεκίνημα του 21ου αιώνα ο στόχος που ετέθη είναι αφενός η μείωση του θερμικού και ψυκτικού φορτίου των κτηρίων και αφετέρου η ελαχιστοποίηση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων, τουλάχιστον όσον αφορά τη θέρμανση και την ψύξη, με την εκμετάλλευση των ανεξάντλητων πηγών ενέργειας δηλαδή τον ήλιο και τον αέρα. Επίσης, ο σχεδιασμός, η κατασκευή και ο τρόπος λειτουργίας των κτηρίων πρέπει να βασίζονται στις αρχές της ορθολογικής χρήσης και διαχείρισης των φυσικών πόρων για να βοηθήσουν στη διατήρηση του περιβάλλοντος. Συγχρόνως, πρέπει να συνεισφέρουν στην υγιεινή και ασφαλή διαβίωση των ενοίκων χωρίς να προκαλούνται επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η παραπάνω αντίληψη δεν πρέπει βεβαίως να είναι εις βάρος της θερμικής και οπτικής άνεσης των χρηστών των κτηρίων, στοιχεία τα οποία εξασφαλίζονται από τον ενεργειακό σχεδιασμό κτηρίων και υπαίθριων χώρων. [8]

Ο σχεδιασμός του δομημένου περιβάλλοντος και των κτιρίων ιδιωτικού ή δημόσιου ακάλυπτου χώρου, πρέπει πρωτίστως να στοχεύει στην προστασία του περιβάλλοντος αλλά και στη δημιουργία καλύτερων συνθηκών διαβίωσης των πολιτών μέσα και έξω από τα κτήρια, δηλαδή στη βελτίωση του μικροκλίματος. Η κλιματολογία της σύγχρονης πόλης διαμορφώνεται από παράγοντες που επηρεάζουν το αστικό μικροκλίμα, τις ανθρωπογενείς πηγές θερμότητας και ρύπανσης και τη μορφολογία του αστικού περιβάλλοντος.

Για τους λόγους αυτούς ο βιοκλιματικός σχεδιασμός (ή ενεργειακός σχεδιασμός) των κτηρίων δεν αποτελεί απλώς ιδανική λύση του προβλήματος - δεδομένου του υψηλού αυτού ποσοστού συμμετοχής των κτηρίων τόσο στην κατανάλωση ενέργειας όσο και στις εκπομπές CO₂ - αλλά συνιστά πλέον αναγκαιότητα. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η βιοκλιματική αρχιτεκτονική δεν συνιστά καινοτομία της εποχής μας, αλλά έχει τις ρίζες της στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική πολλών λαών και μπορεί να προσφέρει στη σύγχρονη κατοικία λύσεις και ιδέες φιλικές προς το περιβάλλον.

Ο όρος « βιοκλιματικός » συνιστά έναν τομέα της αρχιτεκτονικής που κυριαρχείται από τις αρχές της οικολογίας και της βιωσιμότητας. Ο όρος «βιοκλιματικός σχεδιασμός» προϋποθέτει σχεδιασμό που στοχεύει στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων. Σκοπός του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι να δημιουργήσει αστικές περιοχές και κτίρια με σκοπό να καλύψει πλήρως τις ενεργειακές τους ανάγκες χωρίς να προκαλέσει ζημιά στο περιβάλλον. [9]

Συνήθως ο βιοκλιματικός σχεδιασμός γίνεται με βάση το τοπικό κλίμα, αναφερόμενο ως μικροκλίμα, που έχει ως στόχο την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες ανανεώσιμες πηγές , αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. [7]

3.2. Βασικές αρχες – Στόχοι

Ο ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων ή βιοκλιματικός σχεδιασμός, έννοιες σχεδόν ταυτόσημες, έχουν έναν και μοναδικό στόχο. Να διασφαλίσουν αποδεκτές εσωκλιματικές συνθήκες με τη σωστή θερμική συμπεριφορά του κτιρίου – χειμώνα καλοκαίρι – και συνεπώς να περιορίσουν την κατανάλωση ενέργειας, με όλα τα οφέλη που αυτό συνεπάγεται, οικονομικά, περιβαλλοντικά με τη μείωση των

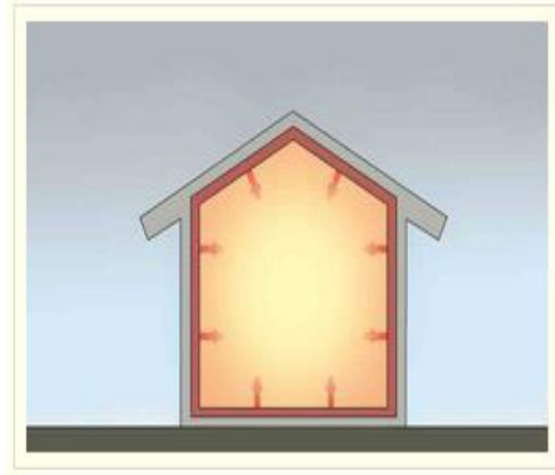
εκπομπών CO₂, ποιότητα ζωής κ.λπ. Ο παραπάνω στόχος στην περίπτωση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής επιτυγχάνεται με καθαρά σχεδιαστικούς χειρισμούς, ή με διάφορες τεχνικές στην κατασκευή του κτιρίου, περιορίζοντας μ' αυτόν τον τρόπο την εξάρτηση από το μηχανολογικό εξοπλισμό για τη θέρμανση ή ψύξη των κτιρίων.

Ο σχεδιασμός των κτιρίων πρέπει να βασίζεται σε ορισμένες *αρχές* και *προδιαγραφές* έτσι ώστε να επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη τους (μείωση θερμικού και ψυκτικού φορτίου), αλλά και εκμετάλλευση ήπιων μορφών ενέργειας με σκοπό την κάλυψη του θερμικού και ψυκτικού τους φορτίου με σύγχρονο στόχο να επιτυγχάνεται και η μικρότερη δυνατή επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Ο όρος «ενεργειακός σχεδιασμός» ή «βιοκλιματικός σχεδιασμός» ή «ηλιακή αρχιτεκτονική» αναφέρεται στο σχεδιασμό που ανταποκρίνεται στις κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, κλπ. με τρόπο ώστε το κτιριακό κέλυφος να τις τροποποιεί για να δημιουργείται εσωκλίμα που να παρέχει, με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη, τις βέλτιστες συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης για τους χρήστες. [13]

Προκειμένου λοιπόν, ένα βιοκλιματικό κτίριο να επιτύχει τους παραπάνω στόχους, λειτουργεί με τον ακόλουθο τρόπο τη χειμερινή και την καλοκαιρινή περίοδο αντίστοιχα.

- Τον χειμώνα συλλέγει την ημερήσια ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύει και την αποδίδει με τη μορφή θερμικής ενέργειας στους εσωτερικούς χώρους σταδιακά κατά τη διάρκεια των ψυχρών ωρών.



Εικόνα 3.1 : Λειτουργία Βιοκλιματικού κτιρίου τον χειμώνα

<http://www.anelixi.org/oikologiki-arxitektoniki/bioklimatikos-sxediasmos-ktirion/bioklimatikos-sxediasmos/>

- Το καλοκαίρι αξιοποιεί τη δροσιά του νυχτερινού αέρα για την ψύξη των εσωτερικών χώρων, διατηρώντας έτσι χαμηλές εσωτερικές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της επόμενης μέρας.



Εικόνα 3.2 : Λειτουργία Βιοκλιματικού κτιρίου το καλοκαίρι

<http://www.anelixi.org/oikologiki-arxitektoniki/bioklimatikos-sxediasmos-ktirion/bioklimatikos-sxediasmos/>

Αυτό που ουσιαστικά κάνει λοιπόν, είναι να αντλεί ή να απορρίπτει φορτία θέρμανσης και ψύξης από και προς το περιβάλλον, να τα διατηρεί και να μεταθέτει χρονικά την απόδοσή τους στον εσωτερικό χώρο. [7]

Οι βασικότεροι **στόχοι** του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι :

- η ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας το χειμώνα
- η εξασφάλιση ηλιασμού το χειμώνα
- η προστασία από τους δυνατούς ανέμους το χειμώνα
- η προστασία από την ακτινοβολία του ήλιου το καλοκαίρι
- η εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων το καλοκαίρι
- η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας το καλοκαίρι

Το **ενεργειακό όφελος** που προκύπτει από την εφαρμογή αυτού του τρόπου σχεδιασμού αποδίδεται με τους παρακάτω τρόπους :

- παραγωγή θερμικής ενέργειας μέσω των ηλιακών συστημάτων άμεσου ή έμμεσου κέρδους με συμβολή στις θερμικές ανάγκες των χώρων προσάρτησης και μερική κάλυψη των απαιτήσεων θέρμανσης του κτιρίου
- δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης και μείωση των απαιτήσεων που αφορούν τη ρύθμιση θερμοστάτη (σε χαμηλότερες θερμοκρασίες το χειμώνα και υψηλότερες το καλοκαίρι)

- εξοικονόμηση ενέργειας από τη σημαντική μείωση απωλειών εξαιτίας της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων
- διατήρηση της θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα σε επίπεδα χαμηλά για το καλοκαίρι και υψηλά το χειμώνα, με στόχο τη μείωση του φορτίου για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων από τα επικουρικά συστήματα κατά τη χρήση του κτιρίου. [23]

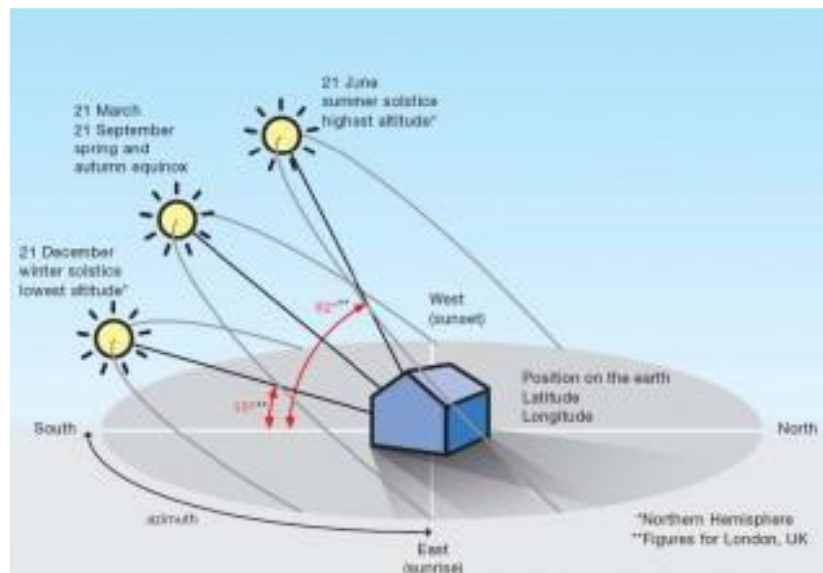
Βασικό στοιχείο του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελεί ο Νότιος προσανατολισμός του κτιρίου και ειδικότερα η εκμετάλλευση της νότιας πλευράς του για παθητική ηλιακή θέρμανση και η βόρεια για προστασία από τους ισχυρούς ανέμους και ανάσχεση της θερμότητας.

Οι αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού συνοψίζονται παρακάτω :

- το πιο κατάλληλο – αποδοτικό σχήμα για μια κατοικία είναι το επίμηκες κατά τον άξονα ανατολής – δύσης, καθώς προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς την νότια πλευρά για τη συλλογή της ηλιακής θερμότητας τη χειμερινή περίοδο
- η κατοικία θα πρέπει να διαθέτει μεγάλα ανοίγματα στη νότια πλευρά, μέτριου μεγέθους στην ανατολική και δυτική ενώ στη βόρεια μικρότερου μεγέθους η κατασκευή της τοιχοποιίας θα πρέπει να περιλαμβάνει συμπαγή υλικά για καλύτερη προστασία από τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Οι

γυάλινες επιφάνειες, όπως τα παράθυρα και οι πόρτες θα πρέπει να αποτελούν τον πιο απλό ηλιακό συλλέκτη

- τα τοποθετημένα ανοίγματα στην κατεύθυνση Βορρά – Νότου συνεισφέρουν στον διαμερή αερισμό γι' αυτό και πρέπει να υπάρχουν ανοίγματα και στην βόρεια πλευρά. Έτσι επιτυγχάνεται και ο φυσικός δροσισμός τους καλοκαιρινούς μήνες
- ορισμένες επεμβάσεις στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου, όπως η αεροστεγάνωση και η θερμομόνωση, διασφαλίζουν τη θερμική προστασία του κτιρίου τη χειμερινή και τη θερινή περίοδο
- τη θερινή περίοδο, για την απομάκρυνση του μεγάλου ποσού θερμότητας που συσσωρεύεται στο κτίριο, εφαρμόζονται τεχνικές παθητικού δροσισμού, όπως ο φυσικός αερισμός τις νυχτερινές ώρες
- η μεγαλύτερη πλευρά του κτιρίου πρέπει να μην αποκλίνει πάνω από 30 μοίρες από την νοτιοδυτική κατεύθυνση



Εικόνα 3.3 : Προσανατολισμός κτιρίου για βέλτιστη εκμετάλλευση του ηλίου

http://sunandshadow.gr/wordpress/wp-content/uploads/2010/11/Xrisimoi_oroι-320x221.jpg

Εξαιρετικής σημασίας όμως είναι και οι *περιβαλλοντικές παράμετροι* που επηρεάζουν καθοριστικά τον βιοκλιματικό σχεδιασμό ενός κτιρίου.

Το σύνολο των μετεωρολογικών δεδομένων συνθέτει *το κλίμα κάθε τόπου* ή περιοχής. Τα στοιχεία του κλίματος επηρεάζουν την ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στο κτήριο και το εξωτερικό περιβάλλον, συνεπώς καθορίζουν την αίσθηση της άνεσης - ευεξίας στους ανθρώπους. Επίσης καθορίζουν την ποσότητα και ποιότητα του παρεχόμενου φυσικού φωτός και κατά συνέπεια την αίσθηση οπτικής άνεσης.

Οι βασικές παράμετροι του κλίματος, οι οποίες κρίνονται απαραίτητες για το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτηρίων, είναι:

- Η θερμοκρασία του αέρα (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) και οι διακυμάνσεις της χειμώνα και καλοκαίρι
- Η ηλιακή ακτινοβολία, ηλιοφάνεια και ένταση σε μηναία βάση
- Οι άνεμοι -χειμερινοί, ψυχροί θερινοί, δροσεροί- κατεύθυνση και ένταση
- Η σχετική υγρασία (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) και οι διακυμάνσεις της χειμώνα και καλοκαίρι

Οι κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν το σχεδιασμό του κτηρίου στη φάση των αρχικών επιλογών, δηλαδή στα προσχέδια, με την έννοια της χωροθέτησής του στο οικόπεδο, έτσι ώστε να αξιοποιούνται οι θετικές παράμετροι -ήλιος το χειμώνα, δροσεροί άνεμοι το καλοκαίρι- με παράλληλη αποφυγή των ψυχρών ανέμων και της

υγρασίας. Στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμα τα τοπικά κλιματικά δεδομένα, λαμβάνονται υπόψη αυτά του πλησιέστερου μετεωρολογικού σταθμού.

Σημαντική παράμετρο αποτελεί το *φυσικό περιβάλλον* στο οποίο θα κατασκευαστεί ένα βιοκλιματικό κτίριο.

- Το ανάγλυφο του εδάφους, επίπεδο ή με κλίση, επηρεάζει την τοποθέτηση του κτηρίου, αλλά και τη μορφολογία του, σε επίπεδη διάταξη ή κλιμακωτή προσαρμοσμένη στο έδαφος
- Ο προσδιορισμός των προσήλιων και υπήνεμων περιοχών, σε σχέση με τους ψυχρούς χειμερινούς ανέμους καθορίζει την ένταξη του κτηρίου στο οικοπέδο
- Το τοπίο -βλάστηση χαμηλή ή δέντρα- καθορίζει τις επιλογές για τη χωροθέτηση του κτηρίου -αποφυγή της σκίασης το χειμώνα, εξαρτώμενης από το ύψος των γύρω στοιχείων - κτηρίων, αναγλύφου και δέντρων - φυλλοβόλα ή αιθαλή, ενώ αντίστροφα το καλοκαίρι επιδιώκεται η σκίασή του από τα δέντρα και τα γύρω στοιχεία, εφόσον είναι εφικτή
- Η θέα -εφόσον υπάρχει- είναι καθοριστικός παράγων ως προς την τοποθέτηση του κτηρίου και των ανοιγμάτων στο κελύφός του, καθώς και ως προς τη διάταξη των εσωτερικών χώρων. Στην περίπτωση που η θέα βρίσκεται στη βορεινή πλευρά του οικοπέδου, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, προβλέποντας μεγάλα ανοίγματα στο κτήριο προς το Βορρά, παρά το γεγονός ότι ίσως αυξάνονται οι θερμικές απώλειες του κελύφους
- Η γειτνίαση με νερό -θάλασσα, ποτάμι, λίμνη- αποτελεί στοιχείο βοηθητικό για τη δημιουργία άνετου μικροκλίματος το καλοκαίρι στο άμεσο περιβάλλον του κτηρίου, αρκεί να διασφαλίζεται η προστασία του από την υγρασία, κυρίως το χειμώνα

3.3. Παραδείγματα βιοκλιματικών κτιρίων στην Ελλάδα και την Ευρώπη

Εκατοντάδες χιλιάδες κτίρια έχουν ήδη κατασκευασθεί με βάση τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού παγκοσμίως και παρουσιάζουν ιδιαίτερα ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Στην Ελλάδα, τα υπάρχοντα βιοκλιματικά κτίρια λειτουργούν με εξαιρετική επιτυχία και με βάση τις υπάρχουσες μετρήσεις καταναλώνουν κατά πολύ λιγότερη ενέργεια από ότι τα αντίστοιχα συμβατικά κτίρια.

Ήδη σημαντικά νέα κτίρια όπως το νέο Μουσείο της Ακρόπολης και το νέο μουσείο των Δελφών σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν ώστε να καλύπτουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών τους μέσω της ηλιακής ενέργειας.

Επιπροσθέτως, εξαιρετικό παράδειγμα αποτελεί το Ηλιακό χωριό στην Πεύκη Αττικής. Πρόκειται για ένα οικιστικό συγκρότημα 435 “ηλιακών” κατοικιών το οποίο σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε με υψηλές προδιαγραφές εξοικονόμησης ενέργειας. [10], [11]



Εικόνα 3.4 : Ηλιακό Χωριό στην Πεύκη

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B5%CF%8D%CE%BA%CE%B7>

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, το BedZed είναι ίσως η πιο γνωστή «πράσινη» βιώσιμη κοινότητα μικτής χρήσης με 100 σπίτια, χώρους γραφείων, ένα κολλέγιο και κοινοτικές εγκαταστάσεις. Βρίσκεται στο νότιο Λονδίνο και σχεδιάστηκε από τον αρχιτέκτονα Bill Dunster.



Εικόνα 3.5 : Κοινότητα BedZed

<http://inhabitat.com/bedzed-beddington-zero-energy-development-london/>

Εξαιρετικής σημασίας είναι το γεγονός πως το BedZed προσπαθεί να μειώσει το γενικότερο περιβαλλοντικό του αποτύπωμα επαναχρησιμοποιώντας οικοδομικά υλικά από παλαιότερα έργα και προσπαθώντας να προωθήσει έναν τρόπο ζωής χαμηλών εκπομπών CO₂.

3.4. Παθητικά Συστήματα

Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων αποτελούν τα παθητικά συστήματα, τα οποία αποτελούν δομικά στοιχεία ενός κτιρίου. Τα παθητικά συστήματα λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσκετη παροχή ενέργειας και με φυσικό τρόπο θερμαίνουν, αλλά και δροσίζουν τα κτίρια. Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες :

- Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης
- Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού
- Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου συνεπάγεται τη συνύπαρξη και συνδυασμένη λειτουργία όλων των παραπάνω συστημάτων, ώστε να συνδυάζουν θερμικά και οπτικά οφέλη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Εκτός από τα παθητικά συστήματα, μια πολύ σημαντική μέθοδο εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα βιοκλιματικό κτίριο αποτελούν και τα ενεργητικά συστήματα, που χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα για τη θέρμανση ή το δροσισμό κτιρίων, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια ή τις φυσικές δεξαμενές ψύξης. Στη κατηγορία αυτή ανήκουν οι ηλιακοί συλλέκτες θέρμανσης ή παροχής ζεστού νερού χρήσης, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κλπ.

Η εγκατάσταση όλων των παραπάνω συστημάτων αυξάνει ελαφρά το συνολικό κόστος κατασκευής του κτιρίου, το οποίο όμως αποσβένεται από την περιορισμένη χρήση μονάδων συμβατικής θέρμανσης και κλιματιστικών μονάδων.

3.4.1. Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια , την αποθηκεύουν υπό μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο και χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες.

- Συστήματα άμεσου κέρδους
- Συστήματα έμμεσου κέρδους
- Συστήματα απομονωμένου κέρδους

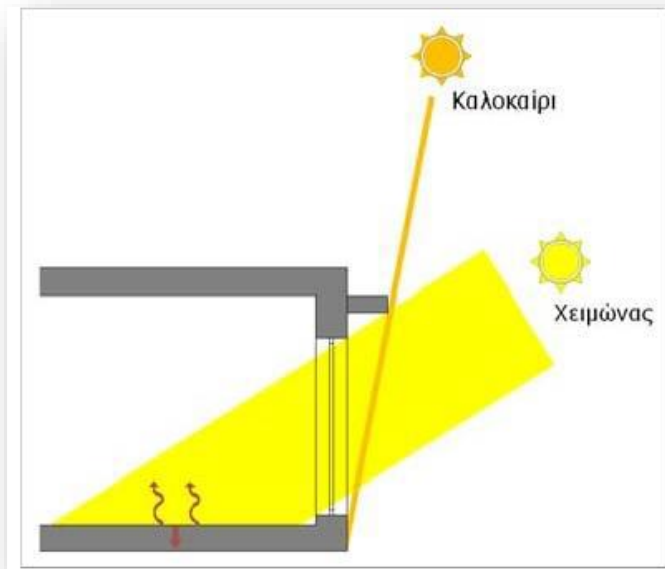
Το συνηθέστερο παθητικό ηλιακό σύστημα (σύστημα άμεσου κέρδους) βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού.

Όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα απαιτούν προσανατολισμό περίπου νότιο, ώστε να υπάρχει ηλιακή πρόσπτωση στα ανοίγματα κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας το χειμώνα. Επιπρόσθετα, πρέπει να συνδυάζονται με την απαιτούμενη θερμική προστασία (θερμομόνωση) και την απαιτούμενη θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία αποθηκεύει και αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο με χρονική υστέρηση, ομαλοποιώντας έτσι την κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο εικοσιτετράωρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τέλος, θα πρέπει το καλοκαίρι να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία και συχνά με τη δυνατότητα αερισμού.

3.4.1.1 Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους

Ως σύστημα άμεσου κέρδους ορίζεται το σύστημα το οποίο αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια, η οποία συλλέγεται από ανοίγματα κατάλληλου προσανατολισμού για θέρμανση των χώρων. Αποτελείται από τα ανοίγματα, κατάλληλα τοποθετημένα και διαστασιολογημένα, την απαιτούμενη θερμική μάζα (χρήση υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας), την κατάλληλη θερμική προστασία (μόνωση του

περιβλήματος, διπλοί υαλοπίνακες, νυκτερινή μόνωση), αλλά και την απαιτούμενη ηλιοπροστασία κατά τους θερινούς μήνες.



Εικόνα 3.6 : Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους
(TOTEE)

Η διαφορά ενός κτιρίου σχεδιασμένου να θερμαίνεται με το παθητικό σύστημα του «άμεσου κέρδους» από ένα κτίριο με συμβατικό σχεδιασμό, εντοπίζεται στη θερμική απόδοση των ανοιγμάτων του και στα δομικά στοιχεία που είναι κατασκευασμένα από υλικά με ικανή θερμοχωρητικότητα. Γενικά, όσο μεγαλύτερα είναι τα ανοίγματα στο νότιο προσανατολισμό και ικανοποιητική σε μέγεθος η επιφάνεια αποθήκευσης, τόσο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση.
[27]

3.4.1.2. Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους

Συστήματα έμμεσου κέρδους είναι τα παθητικά ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και την αποδίδουν με έμμεσο τρόπο στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, μέσω είτε δομικών στοιχείων είτε ανοιγμάτων διαφόρων ειδών (θυρίδων, αγωγών, κ.ά.). Συνήθως προσαρτώνται σε νότιες όψεις κτιρίων (συνιστάται μέχρι 30° απόκλιση από το Νότο).

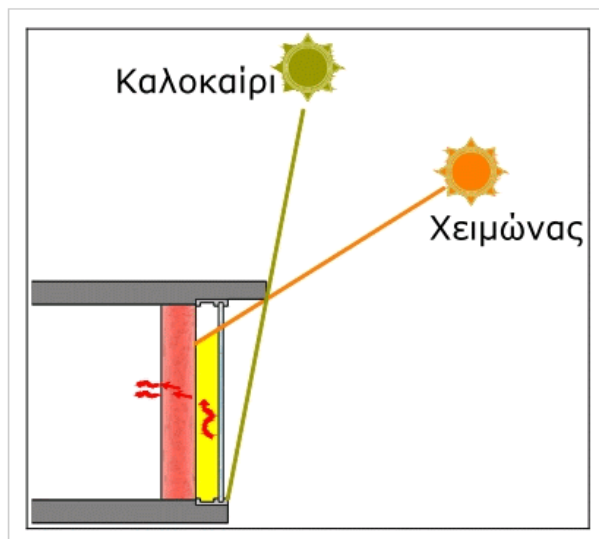
Ο θερμικός τοίχος (τοίχος μάζας, Trombe ή τοίχος νερού) το δώμα θερμικής αποθήκευσης και ο τοίχος μεταξύ του θερμοκηπίου και του χώρου διαβίωσης, είναι οι κύριες εφαρμογές των μηχανισμών έμμεσου κέρδους.

Τοίχος θερμικής αποθήκευσης

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι η συνδυασμένη κατασκευή τοίχου και υαλοπίνακα (ή άλλου διαφανούς στοιχείου με υψηλό συντελεστή διαπερατότητας της ηλιακής ακτινοβολίας), η οποία αποτελεί τμήμα του κτιριακού περιβλήματος. Αναλόγως της κατασκευής του διακρίνεται σε:

- Ηλιακό τοίχο μη θερμοσιφωνικής ροής (τοίχος μάζας και ηλιακός τοίχος νερού)
- Ηλιακό τοίχο θερμοσιφωνικής ροής (τοίχος Trombe - Michelle)

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι ένα σύστημα που περιλαμβάνει έναν τοίχο χωρίς θερμομόνωση, με νότιο προσανατολισμό ή με απόκλιση έως 30°, προς την Ανατολή ή τη Δύση, κατασκευασμένο από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας που λειτουργεί ως αποθήκη και διανομέας της θερμότητας, και ένα διαφανές υλικό τοποθετημένο σε μια ελάχιστη απόσταση 10 cm προς την εξωτερική του πλευρά, που χρησιμεύει για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στον τοίχο μπορεί να ενσωματώνονται θυρίδες για την κυκλοφορία του αέρα (τοίχος Trombe-Michelle).



Εικόνα 3.7 : Λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης

<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>

Η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται από το διαφανές στοιχείο μετατρέπεται σε θερμότητα στο χώρο μεταξύ του υαλοστασίου και του τοίχου και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στον τοίχο. Από εκεί μεταδίδεται με αγωγιμότητα, με ακτινοβολία ή και με μεταφορά, ανάλογα με την κατασκευή του συστήματος, στο χώρο. Ταυτόχρονα το διαφανές υλικό και, σε ορισμένες περιπτώσεις επιπρόσθετα και το ακίνητο στρώμα αέρα μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου λειτουργεί ως μονωτικό στρώμα για τη μείωση των θερμικών απωλειών από το θερμό τοίχο προς το εξωτερικό ψυχρό περιβάλλον.

Ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους, οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης διακρίνονται σε τοίχους που είναι κατασκευασμένοι από υλικά τοιχοποιίας, δηλαδή χυτό σκυρόδεμα, τσιμεντόλιθους, οπτόπλινθους (πλήρεις ή με οπές), πέτρα και ωμοπλίνθους και τοίχους που αποτελούνται από δοχεία μεταλλικά, πλαστικά ή από μπετόν και περιέχουν νερό.

Τοίχος Trombe – Michel

Μια παραλλαγή του συστήματος είναι ο τοίχος Trombe - Michel. Είναι ένας τοίχος θερμικής αποθήκευσης κατασκευασμένος από υλικά τοιχοποιίας, με θυρίδες στο επάνω και κάτω τμήμα του συμπαγούς τμήματος, οπότε η μετάδοση της θερμότητας προς την πλευρά του εσωτερικού χώρου γίνεται -εκτός από την αγωγιμότητα- και με φυσικό θερμοσιφωνισμό.

Ο αέρας, που βρίσκεται μεταξύ του υαλοστασίου και του τοίχου, θερμαίνεται καθώς εφάπτεται στο θερμό τοίχο κι από τις θυρίδες που βρίσκονται στο επάνω μέρος του τοίχου εισέρχεται στον κατοικήσιμο χώρο, ενώ συγχρόνως εισέρχεται από την κάτω θυρίδα στο διάκενο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του κτηρίου, ο οποίος και θερμαίνεται. Με αυτόν τον τρόπο αποδίδεται πρόσθετη θερμότητα στο χώρο στις περιόδους της ηλιοφάνειας και η θέρμανση του χώρου αρχίζει αμέσως με τη θέρμανση του τοίχου και συνεχίζεται έως 2 με 3 ώρες μετά το σκιασμό του.

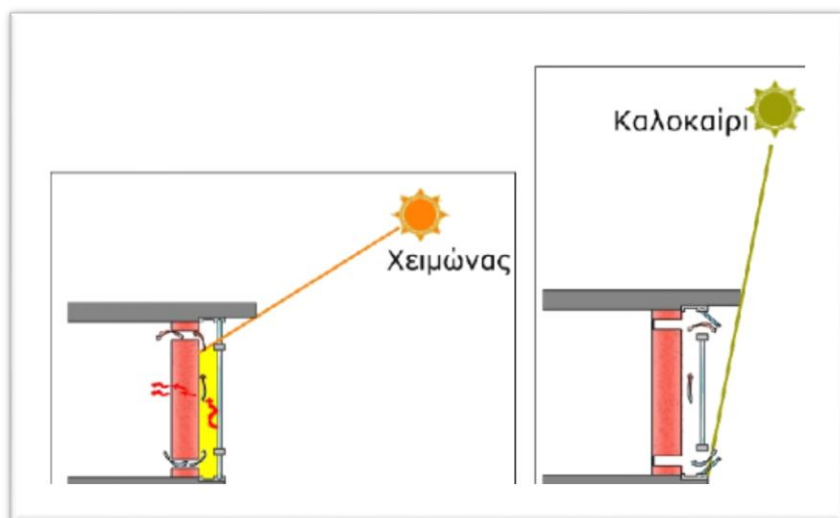
Οι θυρίδες τοποθετούνται κατά μήκος όλου του τοίχου και όσο το δυνατόν πιο κοντά στην οροφή και στο δάπεδο. Η απόσταση μεταξύ των επάνω και κάτω θυρίδων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 2.0m και η συνολική επιφάνεια των θυρίδων να μην υπολείπεται του 2% της συνολικής επιφάνειας του τοίχου.

Το πάχος του τοίχου, ιδίως αυτού που λειτουργεί χωρίς θυρίδες, είναι καθοριστικό. Το βέλτιστο πάχος ενός τοίχου με υλικά τοιχοποιίας αυξάνεται καθώς αυξάνεται και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των υλικών. Η χρησιμοποίηση των θυρίδων γίνεται απαραίτητη όσο αυξάνει το πάχος του τοίχου, γιατί τότε η κυκλοφορία του θερμού αέρα παίζει μεγαλύτερο ρόλο στη γρήγορη θέρμανση του εσωτερικού χώρου, παρά η μετάδοση θερμότητας με αγωγιμότητα από την εξωτερική στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου. [12]

Το πάχος του τοίχου επηρεάζει και τη διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα στο θερμαινόμενο χώρο. Γενικά, όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του τοίχου τόσο μεγαλύτερη είναι η χρονική υστέρηση στη μετάδοση της θερμότητας και μικρότερες οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις της επιφανειακής θερμοκρασίας της εσωτερικής παρειάς του τοίχου και κατά συνέπεια και του αέρα στο εσωτερικό του κτηρίου.

Σε σχέση με τις θερμικές απώλειες που εμφανίζονται, η χρησιμοποίηση διπλού υαλοπίνακα κρίνεται ικανοποιητική. Η νυχτερινή κινητή μόνωση είναι απαραίτητη στις ψυχρότερες περιοχές. Επίσης για να βελτιωθεί η απόδοση του συστήματος, ο τοίχος πρέπει να μονωθεί από όλα τα δομικά στοιχεία με τα οποία εφάπτεται, για να περιοριστούν οι θερμογέφυρες.

Για το καλοκαίρι, θα πρέπει να προβλεφθεί ηλιοπροστασία και να ανοίγουν τμήματα του υαλοστασίου (φεγγίτες ή θυρίδες στο επάνω και κάτω τμήμα του υαλοστασίου) για να επιτρέπεται η διαφυγή του θερμού αέρα, που υπάρχει στο χώρο μεταξύ υαλοστασίου και τοίχου προς το εξωτερικό περιβάλλον και να εξασφαλίζεται αποφόρτιση της θερμότητας και δροσισμός του τοίχου.



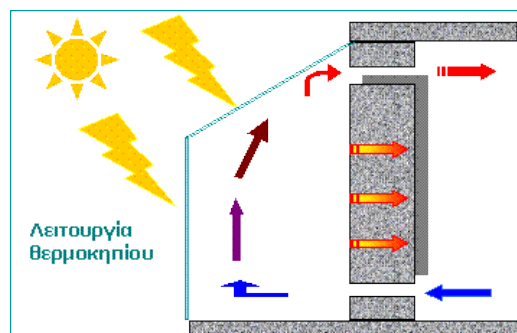
Εικόνα 3.8 : Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες (τοίχος Trombe-Michel)

[TOTEΕ]

Στον τοίχο Trombe υπάρχει επίσης η δυνατότητα, με την ύπαρξη αντιδιαμετρικών ανοιγμάτων στο χώρο, σε συνδυασμό με τις θυρίδες του τοίχου και ανοιγμάτων στα υαλοστάσια να δημιουργείται διαμπερής αερισμός που θα συμβάλλει στο δροσισμό του χώρου. Συγκεκριμένα, μπορεί να ανοίγει ένας φεγγίτης στο επάνω μέρος του υαλοστασίου και σε συνδυασμό με άνοιγμα της βόρειας όψης του κτηρίου, διατηρώντας κλειστή την επάνω θυρίδα αερισμού του τοίχου και ανοιχτή την κάτω, να δημιουργείται κίνηση αέρα στο χώρο (με το φαινόμενο της καμινάδας). Ο δροσισμός του χώρου επιτυγχάνεται με το δροσερό αέρα που μπαίνει από το βορινό άνοιγμα και την κίνηση του αέρα στο χώρο. [12]

Θερμοκήπιο – Ηλιακός χώρος

Πρόκειται για κλειστούς χώρους που προσαρτώνται ή ενσωματώνονται σε νότια τμήματα του κτιριακού κελύφους και περιβάλλονται από υαλοστάσια. Η ηλιακή ακτινοβολία, εισερχόμενη από τα νότια υαλοστάσια του θερμοκηπίου, μετατρέπεται σε θερμική και μέρος αυτής αποδίδεται άμεσα στο χώρο (αυξάνοντας τη θερμοκρασία αέρα), ενώ μέρος αυτής αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του χώρου (θερμική μάζα) και αποδίδεται με χρονική υστέρηση. Η μεταφορά της θερμικής ενέργειας από τον ηλιακό χώρο προς το εσωτερικό του κτιρίου επιτυγχάνεται μέσω θυρίδων ή ανοιγμάτων του διαχωριστικού δομικού στοιχείου.



Εικόνα 3.9 : Λειτουργία Θερμοκηπίου

http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliakos_xoros.htm

3.4.2. Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Δροσισμού

Η επιθυμία για μειωμένη χρήση κλιματισμού θέτει τις βάσεις για την αναθεώρηση του τρόπου σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργίας των κτιρίων και του περιβάλλοντα χώρου κατά τη θερινή περίοδο. Η χρήση τεχνικών φυσικού δροσισμού συνεπάγεται την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης στα κτήρια το καλοκαίρι, αφού η εντατικοποίηση της εγκατάστασης και χρήσης κλιματιστικών συσκευών επιφέρει σημαντικά ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα, καθώς καταναλώνουν πολύ μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας

Η λειτουργία των παθητικών συστημάτων και τεχνικών δροσισμού έχει ως σκοπό της επίτευξη των παρακάτω στόχων:

- μείωση των ηλιακών και θερμικών κερδών στο περίβλημα του κτιρίου
- απόρριψη της θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου προς το φυσικό περιβάλλον
- στην αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας του κτιρίου ως «ρυθμιστή» της εσωτερικής θερμοκρασίας
- βελτίωση της θερμικής άνεσης των ενοίκων

Τα συστήματα αυτά χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

Φυσικός Αερισμός

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί τη βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτίριο τους θερμούς μήνες. Πιο συγκεκριμένα, απομακρύνεται η θερμότητα από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, η αποθηκευμένη

θερμότητα από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου καθώς επίσης και η θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου, ακόμα και σε σχετικά ψηλές θερμοκρασίες. Τρόπους επίτευξης φυσικού αερισμού αποτελούν ο διαμπερής αερισμός, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων, ο κατακόρυφος (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού) και ο κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα.

➤ *Διαμπερής Φυσικός Αερισμός*

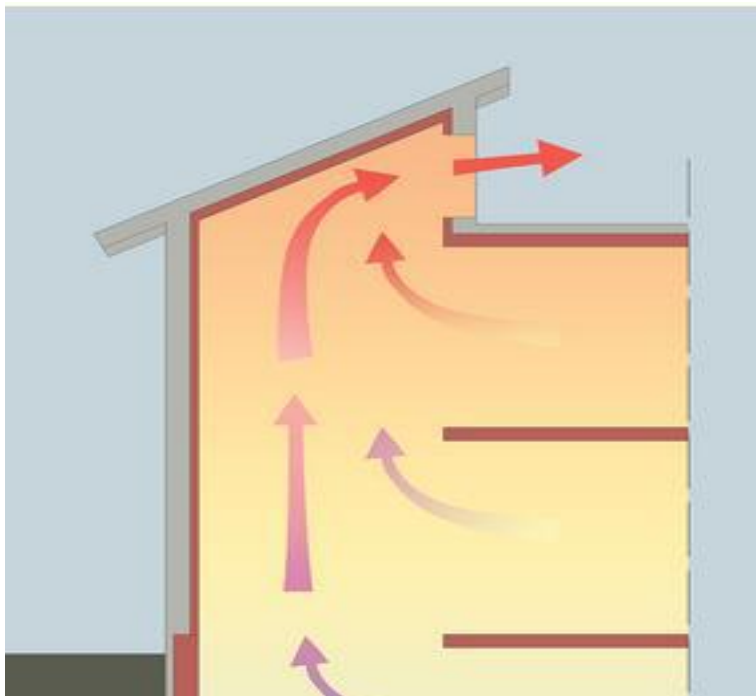
Διαμπερής αερισμός επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στις εσωτερικές τοιχοποιίες. Μέσω θυρίδων στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων επιτρέπεται την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και η απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας. Ο διαμπερής αερισμός επηρεάζεται από την εξωτερική και εσωτερική διαρρύθμιση του κτιρίου σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους, καθώς η είσοδος του αέρα μέσα στο κτίριο διευκολύνεται ή ενισχύεται ανάλογα με τη θέση του σε σχέση με τον πολεοδομικό ιστό και εν γένει εξωτερικά εμπόδια· ενώ συνάμα πλευρικοί τοίχοι προσαρτημένοι στα ανοίγματα (ανεμοπτερύγια) μπορούν να εκτρέψουν τον άνεμο εσωτερικά στο κτίριο.

➤ *Καμινάδα ή Πύργος Αερισμού*

Η καμινάδα αερισμού, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.10, λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού σε συνδυασμό με κατάλληλα ανοίγματα του κτιρίου. Σύμφωνα με το φαινόμενο αυτό, ο θερμός αέρας (μικρότερης πυκνότητα από τον ψυχρό) κινείται προς τα επάνω και έτσι

δημιουργείται ρεύμα στο εσωτερικό των χώρων, μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτιρίου. Όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτίριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα. Ως καμινάδες αερισμού μπορεί να λειτουργούν κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια, φωταγωγοί των κτιρίων καθώς και εσωτερικά αίθρια.

Ακόμη, σε περιοχές με έντονο άνεμο υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής πύργων αερισμού, οι οποίοι προεξέχουν σημαντικά από την οροφή του κτιρίου, φέρουν άνοιγμα προς την σημαντικότερη κατεύθυνση του ανέμου και έχουν τη δυνατότητα να κατευθύνουν τα ψυχρά ρεύματα αέρα μέσα στο χώρο, υποβοηθούμενοι, σε ορισμένες περιπτώσεις, από ανεμιστήρα.

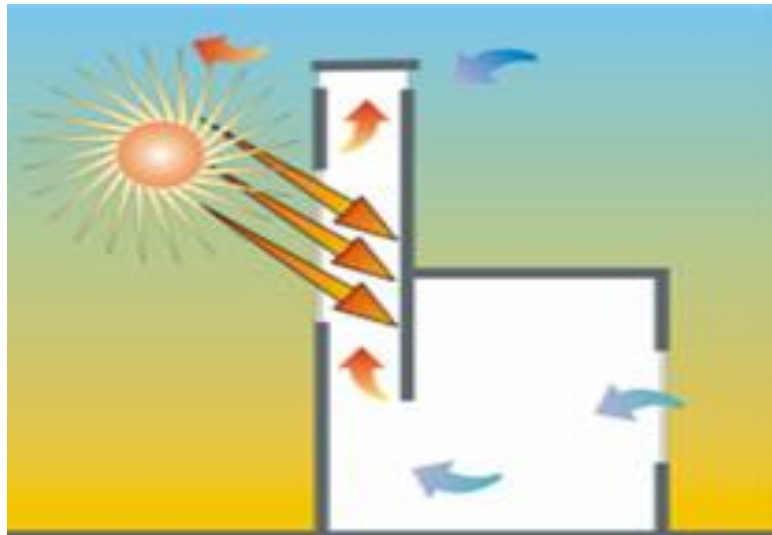


Εικόνα 3.10 : Καμινάδα αερισμού (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού)

<http://www.anelixi.org/wp-content/uploads/68a.jpg>

➤ *Ηλιακή Καμινάδα*

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.11 , η λειτουργία της εν λόγω καμινάδας, η οποία φέρει στη νότια η νοτιοδυτική επιφάνειά της υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας και περσίδες στο άνω τμήμα αυτής της πλευράς, βασίζεται στο φαινόμενο Venturi. Μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς της ανανέωσης του αέρα μέσα στους χώρους συμβάλλοντας αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους.



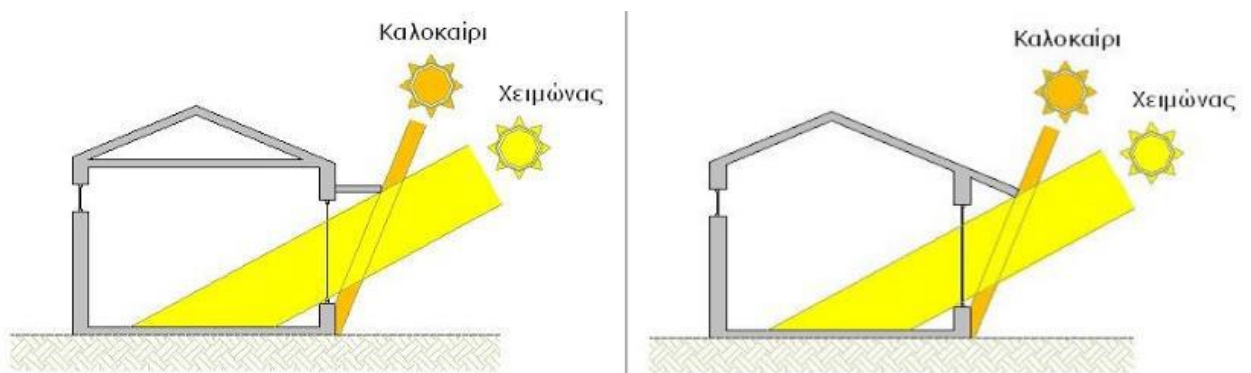
Εικόνα 3.11 : Ηλιακή καμινάδα (φαινόμενο Venturi)
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm

➤ *Ηλιοπροστασία*

Η ηλιακή ακτινοβολία, η οποία εισέρχεται μέσα από τα ανοίγματα, αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή θερμότητας ενός κτιρίου.

Για το λόγο αυτό η ηλιοπροστασία ή αλλιώς σκίαση των ανοιγμάτων είναι η βασικότερη τεχνική για τη μείωση των θερμικών φορτίων τη θερινή περίοδο ενώ μπορεί να επιτευχθεί από το ίδιο το σχήμα του κτιρίου, με ειδικά διαμορφωμένες προεξοχές, διατάξεις, κατασκευές και στοιχεία σκιασμού (σκίαστρα), γύρω από το κτίριο, που εμποδίζουν τη θερινή ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στο κέλυφος του. Επισημαίνεται επίσης ότι η αποτελεσματική ηλιοπροστασία είναι βασική προϋπόθεση για την αποδοτική εφαρμογή κάθε άλλης τεχνικής για το δροσισμό ενός κτιρίου, είτε αυτός γίνεται με φυσικό είτε με τεχνητό τρόπο.

Η συνιστώμενη σκίαση των ανοιγμάτων εξαρτάται από τον προσανατολισμό τους. Σε νότια ανοίγματα, ένα οριζόντιο σκίαστρο (σταθερό ή κινητό) εμποδίζει τις ηλιακές ακτίνες, οι οποίες έρχονται από ψηλότερο σημείο του ορίζοντα απ' ότι το χειμώνα, ενώ αντίθετα σε βορινά ανοίγματα δεν απαιτείται σύστημα σκιασμού. Για τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα, όπου οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν από χαμηλά, απαιτείται σκίαση κατακόρυφου τύπου.



Εικόνα 3.12 : Ηλιοπροστασία Νότιας πλευράς

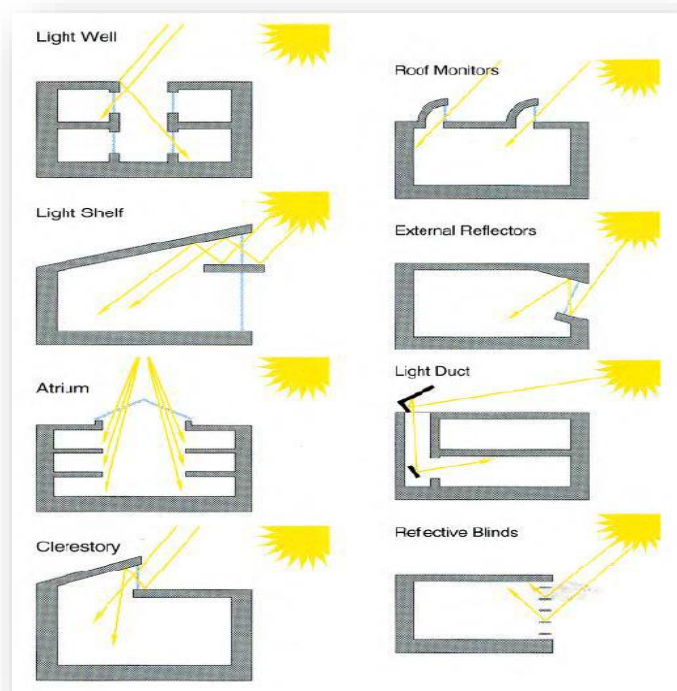
<https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>

3.4.3. Παθητικά Συστήματα και Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού

Η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στα κτίρια και στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ενέργειας. Ιδιαίτερη σημασία κατά το σχεδιασμό των συστημάτων φυσικού φωτισμού έχει η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη κάλυψη των απαιτήσεων σε φωτισμό από το φυσικό φως, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου και την εργασία που επιτελείται μέσα στους χώρους. Για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού προς όφελος του κτιρίου με στόχο την επίτευξη οπτικής άνεσης θα πρέπει, μέσω των κατάλληλων συστημάτων και τεχνικών, να εξασφαλίζεται στους εσωτερικούς λειτουργικούς χώρους επαρκής ποσότητα (στάθμη φωτισμού), αλλά και ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν φαινόμενο «θάμβωσης». Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ανακλαστικότητα).

Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται στις εξής τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:

- ο ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία
- ο ανοίγματα οροφής
- ο αίθρια
- ο φωταγωγούς



Εικόνα 3.13 : Τεχνικές Φυσικού Φωτισμού

<https://agm2d.files.wordpress.com/2010/11/lighting-techniques.jpg>

Τεχνικές Φυσικού φωτισμού :

1. Υαλοπίνακες
2. Πρισματικά φωτοδιαπερατά στοιχεία
3. Διαφανή μονωτικά υλικά
4. Ανακλαστήρες
5. Ανακλαστικές περσίδες

Αντίστοιχα, οι διάφορες τεχνικές εφαρμοζόμενες στο σύστημα ή και στον εσωτερικό χώρο αυξάνουν την απόδοση του συστήματος και βελτιώνουν τις συνθήκες οπτικής άνεσης.

Οι βασικότερες τεχνικές φυσικού φωτισμού είναι τα κατακόρυφα ανοίγματα (παράθυρα, φεγγίτες) κατάλληλων γεωμετρικών διαστάσεων, οι ειδικοί υαλοπίνακες, τα πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά, τα διαφανή μονωτικά υλικά, τα ράφια φωτισμού - ανακλαστήρες, οι περσίδες και τα σκίαστρα όπως παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.13.

3.5. Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι μηχανολογικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και τη μετατροπή της σε θερμότητα καθώς επίσης και την αποθήκευση και μεταφορά της χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό, είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών.

Η βασική αρχή λειτουργίας των ενεργητικών ηλιακών θερμικών συστημάτων στηρίζεται στη χρήση ενός συλλέκτη. Καθώς η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του ήλιου διαπερνά το συλλέκτη, παγιδεύεται στο εσωτερικό του και απορροφάται από την επιφάνεια που βρίσκεται μέσα στον συλλέκτη, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας της. Ένα ηλιακό θερμικό σύστημα αποτελείται από τον ηλιακό συλλέκτη, ένα σύστημα κυκλοφορίας και το σύστημα ελέγχου.

Τα ενεργητικά ηλιακά θερμικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση νερού χρήσης, θέρμανση και ψύξη χώρων στον οικιακό τομέα, για βιομηχανικές διεργασίες (παραγωγή ατμού, ηλιακή ψύξη), για τηλεθέρμανση, για θέρμανση του νερού σε πισίνες, για αφαλάτωση καθώς και για διάφορες αγροτικές εφαρμογές. Παρακάτω αναλύονται εφαρμογές των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων για θέρμανση νερού χρήσης και για θέρμανση/ψύξη χώρων.

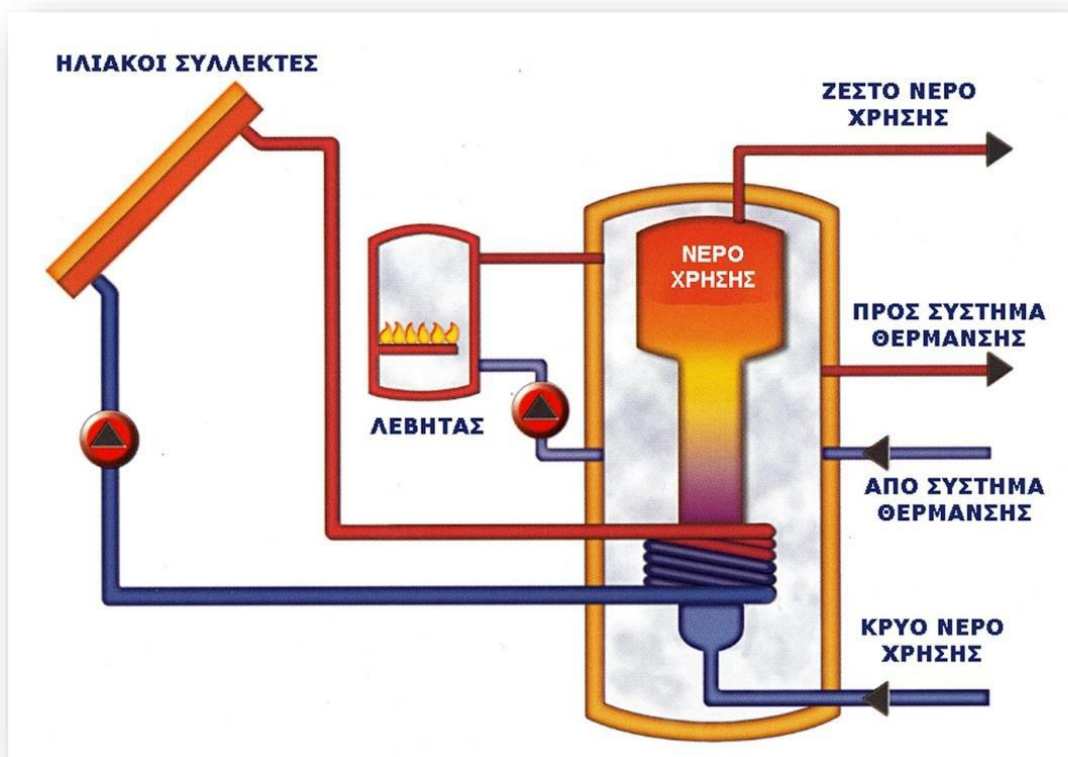
3.5.1. Σύστημα θέρμανσης νερού χρήσης

Ένα σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, ο γνωστός ηλιακός θερμοσίφοντας, αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες που τοποθετούνται συνήθως στην οροφή του κτιρίου, μια δεξαμενή αποθήκευσης για το ζεστό νερό, τις απαραίτητες σωληνώσεις και το σύστημα ελέγχου. Οι ηλιακοί θερμοσίφονες διακρίνονται σε ανοικτού κυκλώματος, με απευθείας θέρμανση του νερού χρήσης (το θερμαινόμενο μέσο είναι το ίδιο το νερό που θα χρησιμοποιηθεί) και κλειστού κυκλώματος με έμμεση θέρμανση του νερού χρήσης (το θερμαινόμενο μέσο κυκλοφορεί σε ιδιαίτερο κύκλωμα το οποίο θερμαίνει το νερό χρήσης χωρίς να γίνεται ανάμιξή τους, μέσω εναλλάκτη θερμότητας). Οι θερμοσίφονες ανοικτού κυκλώματος είναι απλούστεροι και φθηνότεροι, όμως οι θερμοσίφονες κλειστού κυκλώματος αντέχουν περισσότερο στις χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα καθώς λειτουργούν με αντιψυκτικό το οποίο προστατεύει το συλλέκτη. Για τη θέρμανση ζεστού νερού χρήσης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σύστημα θέρμανσης νερού βεβιασμένης κυκλοφορίας, το οποίο διαθέτει ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες, διαφορικούς θερμοστάτες και συστήματα ελέγχου για να κυκλοφορήσει το ρευστό μεταφοράς θερμότητας μέσα στους συλλέκτες.

3.5.2. Σύστημα θέρμανσης χώρου και νερού χρήσης

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για το συνδυασμό παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρων γίνεται με την χρήση των συστημάτων solar combi, τα οποία φαίνονται στην Εικόνα 3.9. Το νερό θέρμανσης χώρων (ρευστό που ρέει στα σώματα κεντρικής θέρμανσης ή σε υποδαπέδια θέρμανση), το οποίο προορίζεται για τη θέρμανση χώρων, θερμαίνεται από τους ηλιακούς συλλέκτες και αποθηκεύεται σε ένα δοχείο θερμού νερού.

Το ζεστό νερό χρήσης αποθηκεύεται σε ένα δεύτερο δοχείο θερμού νερού μικρότερου όγκου. Επειδή όμως η ηλιακή ακτινοβολία δεν είναι διαθέσιμη καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας και του έτους, απαιτείται η εγκατάσταση εφεδρικής μονάδας κεντρικής θέρμανσης (συμβατικός λέβητας πετρελαίου ή υγραερίου, λέβητας βιομάζας ή ηλεκτρισμός) για να θερμαίνει το νερό όταν δεν επαρκεί η ηλιακή ενέργεια.



Εικόνα 3.14 : Λειτουργία Συστήματος solar combi
http://thermansis.blogspot.gr/p/blog-page_27.html

Ηλιακή ψύξη χώρου

Ένα τυπικό σύστημα ηλιακής ψύξης χώρου ή ηλιακού κλιματισμού αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, τη δεξαμενή αποθήκευσης, τη μονάδα ελέγχου, σωληνώσεις, αντλίες και έναθερμοοδηγούμενο ψύκτη. Οι ψύκτες αποτελούν τον πυρήνα των εγκαταστάσεων ηλιακού κλιματισμού. Αν και οι ηλιακοί συλλέκτες είναι αυτοί που παρέχουν την αναγκαία ενέργεια σε μια εγκατάσταση, οι ψύκτες αποτελούν το μηχανισμό που παράγει ψυκτικά φορτία χρησιμοποιώντας το θερμό νερό που έρχεται από τους ηλιακούς συλλέκτες ως κύρια πηγή ενέργειας. Το παραγόμενο ψυχρό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κλιματισμό του αέρα (αφύγρανση, ρύθμιση θερμοκρασίας) ή για ψύξη/δροσισμό χώρων (fan coil, chilled ceilings κα.). Τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού διακρίνονται σε κλειστά συστήματα για ψύξη νερού και σε ανοιχτά συστήματα για κλιματισμό αέρα.

3.6. Ανάγκη Εφαρμογής Βιοκλιματικού Σχεδιασμού στα Νοσοκομεία

Το αυξημένο κόστος λειτουργίας των νοσοκομείων και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος οδηγεί στην ανάγκη χρήσης σύγχρονων εγκαταστάσεων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των νοσοκομείων (μεγάλο μέγεθος κτιρίων, 24ωρη λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, διατήρηση εσωτερικής θερμοκρασίας, ταυτόχρονη λειτουργία πολλών ιατρικών μηχανημάτων), η ενεργειακή κατανάλωση ανά μονάδα επιφάνειας είναι ιδιαίτερα υψηλή και μάλιστα υπερδιπλάσια σε σχέση με τα υπόλοιπα δημόσια κτίρια (Παπακωνσταντίνου, 2010). Η ενεργειακή αναβάθμιση των νοσοκομείων απαιτεί τη δημιουργία «έξυπνων» - οικολογικών εγκαταστάσεων, μειώνοντας μεσοπρόθεσμα το ενεργειακό κόστος.

Έρευνα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) για τη μείωση της ενεργειακής σπατάλης των δημόσιων κτιρίων της χώρας, διαπιστώνει πλήθος προβλημάτων και ελλείψεων σε ό,τι αφορά το κέλυφος των κτιρίων αλλά και τον ηλεκτρομηχανολογικό τους εξοπλισμό ειδικά σε παλαιότερα κτίρια (ελλειπής θερμομόνωση, παλαιότητα εξοπλισμού, ανυπαρξία προγράμματος διαχείρισης ενέργειας κ.α.). Με την εφαρμογή μέτρων χαμηλού κόστους για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων, μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση της τάξεως του 20% τουλάχιστον (132 GWh ετησίως στο σύνολο των νοσοκομείων), το οποίο μεταφράζεται ποσοτικά σε εξοικονόμηση 9 εκατομμύρια ευρώ ετησίως. Η μελέτη, εκτός των άλλων, εστίασε σε οκτώ νοσοκομεία όπου η μέση κατανάλωση ενέργειας είναι 427 kWh/m², ενώ στη Γαλλία για παράδειγμα, η κατανάλωση φτάνει τα 345 kWh/m² κατά μέσο όρο (Μαρκογιαννάκης, Σοφρώνης, 2000).

3.7. Οφέλη «Πράσινων Νοσοκομείων»

Την ανάγκη για «πράσινα» νοσοκομεία υποδεικνύουν έρευνες σε παγκόσμιο επίπεδο που επιβεβαιώνουν το γεγονός ότι οι εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης που υιοθετούν τις στρατηγικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού δημιουργούν θεραπευτικές συνθήκες περιβάλλοντος τέτοιες ώστε να ενισχύεται η φροντίδα και η γρηγορότερη ανάρρωση των ασθενών. Η ευεργετική επίδραση τέτοιων παρεμβάσεων βιοκλιματικού χαρακτήρα , εκτός από τα οφέλη της σε ασθενείς, δημιουργεί άνετες συνθήκες περιβάλλοντος για προσωπικό και εργαζόμενους.

Πιο συγκεκριμένα:

- ✓ Σύμφωνα με έρευνα του κέντρου επιστημών υγείας Mackenzie στον Καναδά (Mackenzie Health Sciences Centre) , οι ασθενείς με κατάθλιψη ανέκαμψαν

15% γρηγορότερα όταν βρίσκονταν σε θαλάμους με επαρκή φυσικό φωτισμό σε σχέση με αυτούς που βρίσκονταν σε θαλάμους με περιορισμένο φυσικό φως.

- ✓ Το πανεπιστημιακό νοσοκομείο Inha στην Κορέα, παρατήρησε ότι η παραμονή των ασθενών της γυναικολογικής μονάδας μειώθηκε κατά 41% όταν πραγματοποιούνταν σε ηλιόλουστους θαλάμους νοσηλείας. Το αντίστοιχο ποσοστό μείωσης της παραμονής ασθενών στη χειρουργική μονάδα λόγω βελτιωμένων συνθηκών φυσικού φωτισμού, αγγίζει το 26%.
- ✓ Το νοσοκομείο Bronson Methodist στο Michigan βρήκε ότι υιοθετώντας πρακτικές βιοκλιματικού και βιώσιμου σχεδιασμού όπως επαρκή φυσικό αερισμό, ατομικούς θαλάμους νοσηλείας, φυσικό φωτισμό και βελτίωση του περιβάλλοντα χώρου στα πλαίσια του προγράμματος αναδιαμόρφωσης του, προκάλεσε μείωση κατά 11% στις δευτερογενείς μολύνσεις.

Στα περιβαλλοντικά οφέλη συμπεριλαμβάνονται η προστασία του οικοσυστήματος και της βιοποικιλότητας, η βελτίωση της ποιότητας του αέρα και του νερού, η μείωση των στερεών αποβλήτων, η διατήρηση των φυσικών πηγών και η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Επιπρόσθετα, τέτοιες πρακτικές στα νοσοκομεία επιφέρουν και σημαντικά οικονομικά οφέλη :

- ✓ μειώνονται τα λειτουργικά κόστη
- ✓ γίνεται εξοικονόμηση 20-30% του κόστους κατανάλωσης ενέργειας και νερού
- ✓ βελτιστοποιείται η οικονομική απόδοση του κύκλου ζωής του νοσοκομείου
- ✓ προκαλείται το επενδυτικό ενδιαφέρον
- ✓ αποδεικνύεται η κοινωνική ευθύνη του νοσοκομείου όχι μόνο απέναντι στους ασθενείς και το προσωπικό αλλά και σε ένα ευρύτερο πλαίσιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΝΟΣΗΛΕΙΑΣ «ΝΙΚΟΣ ΚΟΥΡΚΟΥΛΟΣ»

4.1. Περιγραφή Κτιρίου

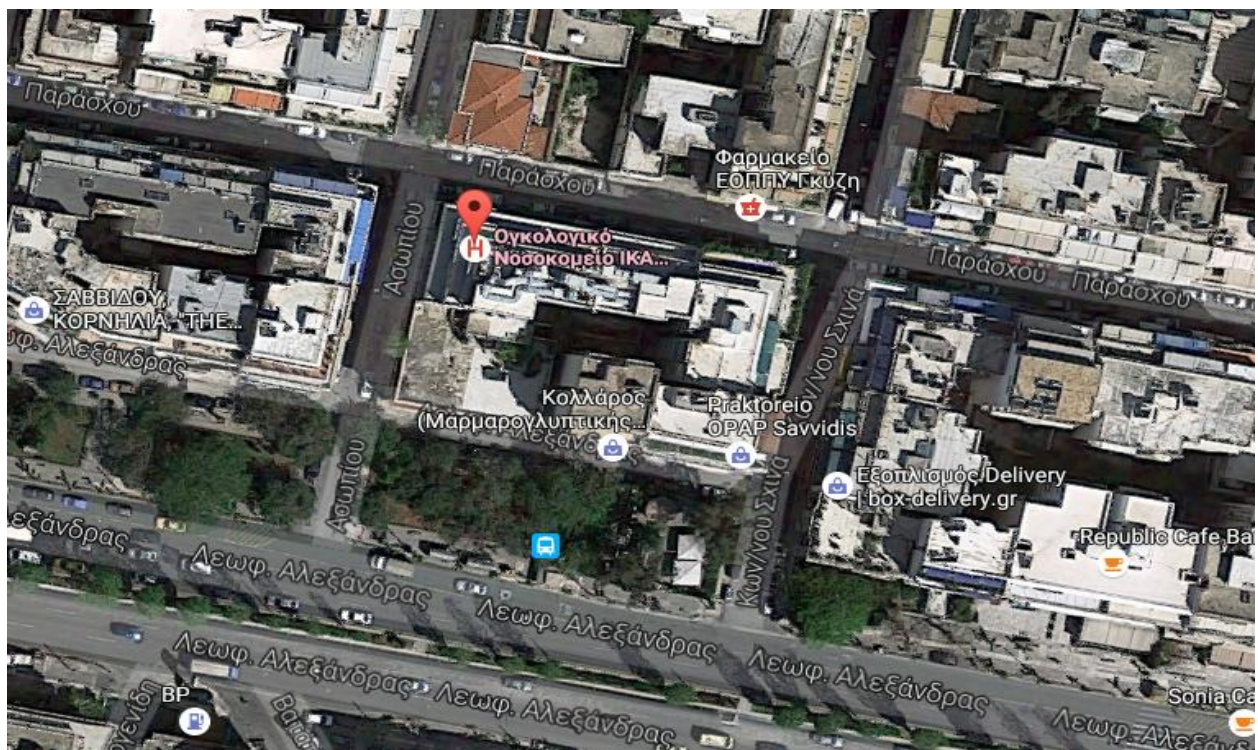
Το υπό μελέτη κτίριο Κέντρο Ημερήσιας Νοσηλείας «Νίκος Κούρκουλος», βρίσκεται στην Αθήνα επί των οδών Ασωπίου και Παράσχου πλησίον της Λεωφόρου Αλεξάνδρας, στεγάζεται στο πρώην 6ο Ογκολογικό Νοσοκομείο του ΙΚΑ και είναι αναπόσπαστο μέρος του Ογκολογικού Νοσοκομείου Αθηνών «Ο Άγιος Σάββας». Έχει ακριβείς συντεταγμένες 37099'07.23'' (γεωγραφικό πλάτος) και 23074'12.93'' (γεωγραφικό μήκος).

Ειδικότερα το κέντρο αποτελείται από έξι ορόφους, ισόγειο, τρία υπόγεια και δώμα, έχει συνολική επιφάνεια 3.908 m², διαθέτει 3 χειρουργεία, έχει δυναμικότητα 45 κλινών εκ των οποίων οι 26 εξυπηρετούν ογκολογικούς ασθενείς Παθολογικού Τομέα και οι 19 εξυπηρετούν ασθενείς Χειρουργικού Τομέα.

Παρακάτω στις Εικόνες παρουσιάζεται η τοποθεσία του κτιρίου.



Εικόνα 4.1: κέντρο ημερήσιας νοσηλείας «Νίκος Κούρκουλος» [Google maps]



Εικόνα 4.2: κέντρο ημερήσιας νοσηλείας «Νίκος Κούρκουλος» [Google earth]

4.2. Λογισμικά Προσομοίωσης

Τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, με τη σειρά χρήσης τους, είναι:

- ✓ Google Sketch Up 2016
- ✓ Legacy Open Studio plug-in for SketchUp
- ✓ Energy Plus (version 8.5)

4.2.1. Google SketchUp και Legacy Open Studio plug-in

Το SketchUp είναι ένα πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης ευρείας χρήσης, με εφαρμογές αξιοποιήσιμες τόσο από αρχιτέκτονες, εσωτερικούς διακοσμητές, πολιτικούς μηχανικούς και μηχανολόγους μηχανικούς όσο από σχεδιαστές βιντεοπαιχνιδιών και ταινιών.

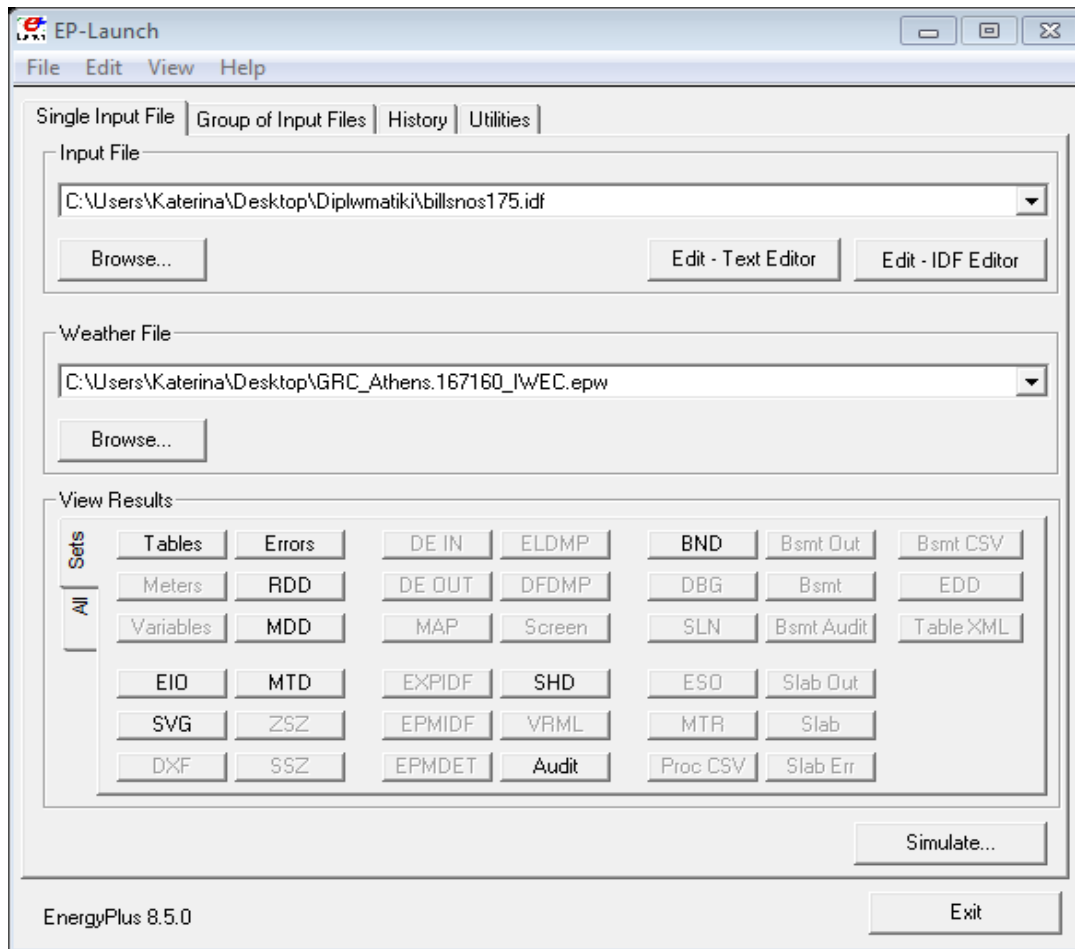
Το Open Studio αποτελεί μια πλατφόρμα εργαλείων λογισμικού για την υποστήριξη της ενεργειακής προσομοίωσης ενός κτιρίου. Η λειτουργία legacy Open Studio plug-in που προσφέρει το λογισμικό Open Studio αποτελεί ένα μέσο γραφικής ενεργειακής μοντελοποίησης που υποστηρίζεται και “φιλοξενείται” στον περιβάλλοντα χώρο του SketchUp με τη μορφή μια επιπρόσθετης ηλεκτρονικής εργαλειοθήκης. Με βάση αυτή την εργαλειοθήκη ο χρήστης είναι δυνατόν να σχεδιάζει μέσα σε έναν ενεργειακό χώρο οτιδήποτε αυτός επιθυμεί. Μέσω αυτών των επιπλέον εντολών ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει θερμικές ζώνες στο κτίριο, ανοίγματα, τα οποία αυτόματα αναγνωρίζονται ως πόρτες ή παράθυρα, ανάλογα με το που αυτά βρίσκονται, και επιφάνειες σκίασης, ή ακόμα και φωτισμό στους εσωτερικούς χώρους.

Μέσω της εντολής “Export IDF” , εξάγεται ένα αρχείο το οποίο περιέχει τις πληροφορίες από το σχεδιαστικό πρόγραμμα και οι οποίες είναι επεξεργάσιμες από το EnergyPlus.

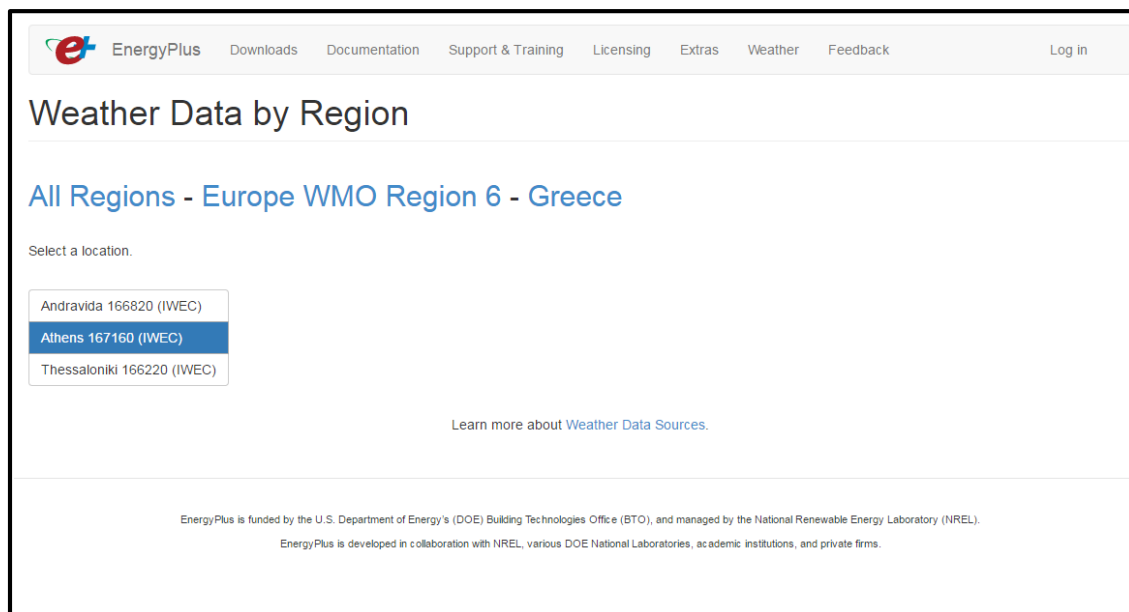
4.2.2 Energy Plus

Πρόκειται για ένα πρόγραμμα προσομοίωσης θερμικού φορτίου και ενεργειακής ανάλυσης, υλοποιημένο σε γλώσσα προγραμματισμού Fortran, το οποίο εκδόθηκε από το τμήμα ενέργειας της Αμερικάνικης κυβέρνησης. Το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιούν μηχανικοί, αρχιτέκτονες και ερευνητές για να μοντελοποιήσουν την ενέργεια και τη χρήση νερού ενός κτιρίου με σκοπό τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του ώστε να αποφέρει ενεργειακά οφέλη. Το εν λόγω λογισμικό δίνει στο χρήστη την επιλογή ανάλυσης ενός μεγάλου εύρους παραμέτρων, όπως ο φωτισμός, η θέρμανση/ψύξη, ο αερισμός κι άλλες ροές ενέργειας, γεγονός που οδηγεί τελικώς σε μια αρκετά αντιπροσωπευτική προσομοίωση του κτιρίου. Για την υλοποίηση της κτιριακής προσομοίωσης το Energy Plus παρέχει, μεταξύ άλλων, τα υποπρογράμματα: IDF Editor και EP-Launch τα οποία αντίστοιχα εξυπηρετούν στη δημιουργία/επεξεργασία αρχείων εισόδου και την εκτέλεση προσομοιώσεων.

Το **EP-Launch** επιτρέπει στο χρήστη μέσω της εντολής “Input File” να επιλέξει τα αρχεία εισόδου που επιθυμεί να εκτελεστούν, μορφής **.idf** (όπως αυτό που δημιουργήθηκε από τη “συνεργασία” των SketchUp και Legacy Open Studio plugin) καθώς και τα αρχεία καιρού (Εικόνα 4.2) τα οποία δίνουν πληροφορίες σχετικά με τις μετεωρολογικές συνθήκες της τοποθεσίας που ευρίσκεται το κτίριο βάσει των οποίων θα προκύψει η ενεργειακή προσομοίωση με την επιλογή “simulate”.



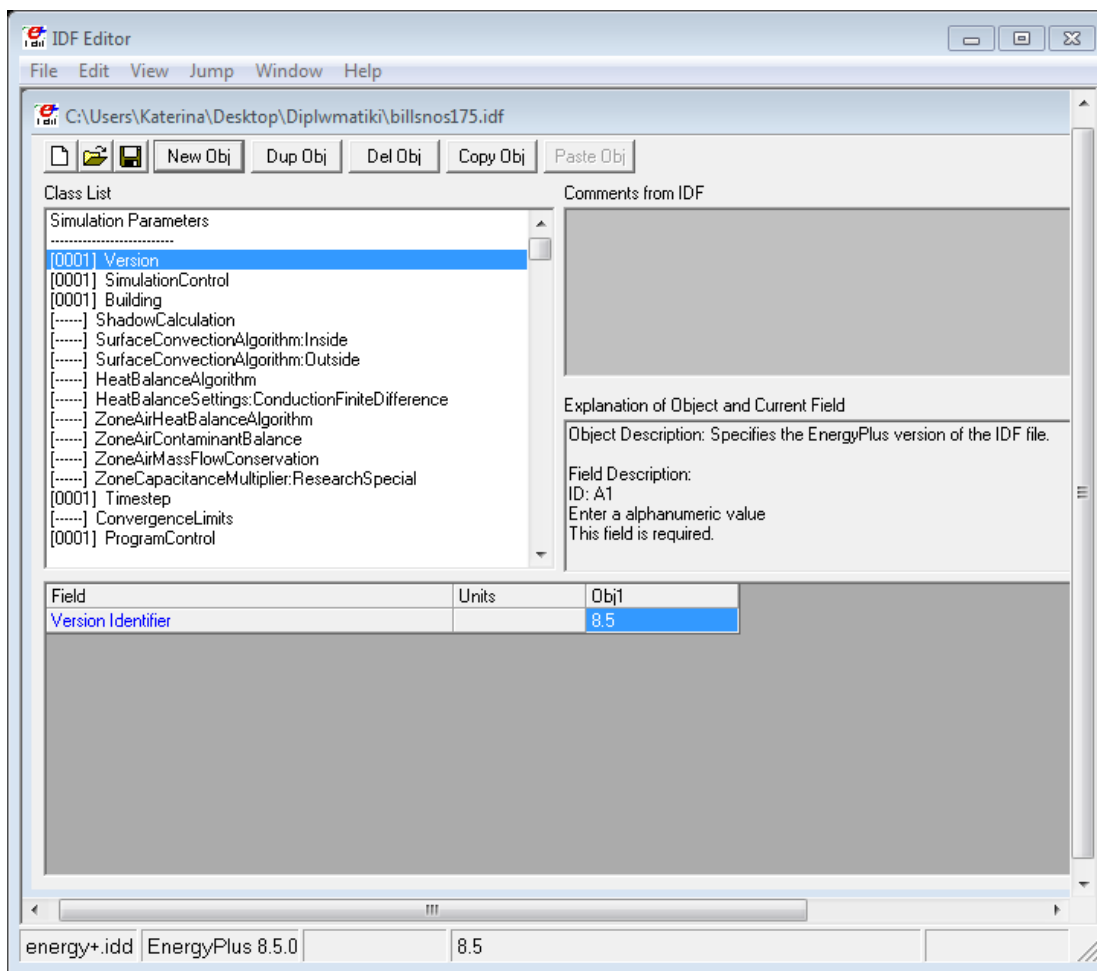
Εικόνα 4.3 : Υποπρόγραμμα EP-Launch του Energy Plus



Εικόνα 4.4 : Αρχεία καιρού προγράμματος EnergyPlus

Μετά την ολοκλήρωση του κτιρίου στο σχεδιαστικό πρόγραμμα, γίνεται εξαγωγή του αρχείου σε μορφή IDF. Το αρχείο αυτό εισάγεται στο EP-Launch και στη συνέχεια επεξεργάζεται μέσω του IDF-Editor

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.1, EP-Launch δίνει την επιλογή “**Edit-IDF Editor**”. Το υποπρόγραμμα αυτό δίνει την επιλογή στο χρήστη να επεξεργάζεται τα αρχεία εισόδου δεδομένων στο EnergyPlus. Οι επιλογές είναι ταξινομημένες σε κατηγορίες και είναι επεξεργάσιμες από το χρήστη, ο οποίος τις προσαρμόζει στις ανάγκες της μελέτης του.



Εικόνα 4.5 : Υποπρόγραμμα IDF Editor του Energy Plus

4.3. Δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου στο Google SketchUp

Το πρώτο βήμα ήταν ο χωρισμός των εσωτερικών χώρων της νοσοκομειακής μονάδας σε θερμικές ζώνες σύμφωνα με τους κανονισμούς που ορίζει η Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, βλ. Παράρτημα Α). Ως θερμική ζώνη ορίζεται το σύνολο των χώρων μέσα στο κτίριο με όμοιες απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες, όμοιο προσανατολισμό, με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Συνεπώς το νοσοκομείο χωρίστηκε σε 26 αυτόνομες θερμικές ζώνες. Λόγω της ποικιλομορφίας της συγκεκριμένης εγκατάστασης τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν κατά σειρά προτεραιότητας είναι τα εξής: χρήση χώρου, προσανατολισμός και επάρκεια εμβαδού (σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας τμήματα του κτηρίου με όγκο μικρότερο του 10% του συνολικού όγκου να αποφεύγεται η μελέτη τους ως αυτόνομη ενεργειακή ζώνη).

Αξίζει να σημειωθεί πως προτείνεται ο όσο δυνατόν μεγαλύτερος αριθμητικός περιορισμός των θερμικών ζωνών καθώς και η αποφυγή πολύπλοκης γεωμετρίας στον χωρισμό των εσωτερικών χώρων για την επίτευξη αποτελεσματικότερης προσομοίωσης. Στον παρακάτω Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι 26 θερμικές ζώνες όπως προέκυψαν καθώς και το εμβαδό τους :

Name of Thermal Zone	Area [m2]
T.Z 1 - 3Ο ΥΠΟΓΕΙΟ	180.95
T.Z 2 - 2Ο ΥΠΟΓΕΙΟ	180.95
T.Z 3 - 1Ο ΥΠΟΓΕΙΟ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ	246.31
T.Z 4 - 1Ο ΥΠΟΓΕΙΟ COMMON	212.49
T.Z 5 - 1Ο ΥΠΟΓΕΙΟ ΓΡΑΦΕΙΑ	92.80
T.Z 6 - 1Ο ΥΠΟΓΕΙΟ RADIO	28.00
T.Z 7 - ISOΓΕΙΟ ΓΡΑΦΕΙΑ	179.74

T.Z 8 - ISOGEIO COMMON	206.60
T.Z 9 - ISOGEIO MHXANOLOGIKA	52.50
T.Z 10 - ISOGEIO RADIO	65.00
T.Z 11 - 1OS IATREIA	232.90
T.Z 12 - 1OS COMMON	191.19
T.Z 13 - 1OS GRAFEIA	59.25
T.Z 14 - 2OS COMMON	277.99
T.Z 15 - 2OS GRAFEIA	59.25
T.Z 16 - 2OS XEIROURGEIA	146.10
T.Z 17 - 3OS IATREIA	205.35
T.Z 18 - 3OS COMMON	277.99
T.Z 19 - 4OS COMMON	191.19
T.Z 20 - 4OS KLINES	177.57
T.Z 21 - 4OS GRAFEIA	59.25
T.Z 22 - 5OS COMMON	193.28
T.Z 23 - 5OS KLINES	144.72
T.Z 24 - 6OS COMMON	139.14
T.Z 25 - 6OS KLINES	63.94
T.Z 26 - DWMA	43.05
Total	3907.53

Εικόνα 4.6: Θερμικές ζώνες νοσοκομείου και επιμέρους εμβαδό ζωνών

Στις παρακάτω Εικόνες 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16 και 4.17 σχεδιάστηκαν στις κατόψεις κάθε ορόφου οι θερμικές ζώνες έτσι όπως εισήχθησαν στο SketchUp.



Εικόνα 4.7: Θερμικές ζώνες κάτοψης 3ου υπογείου



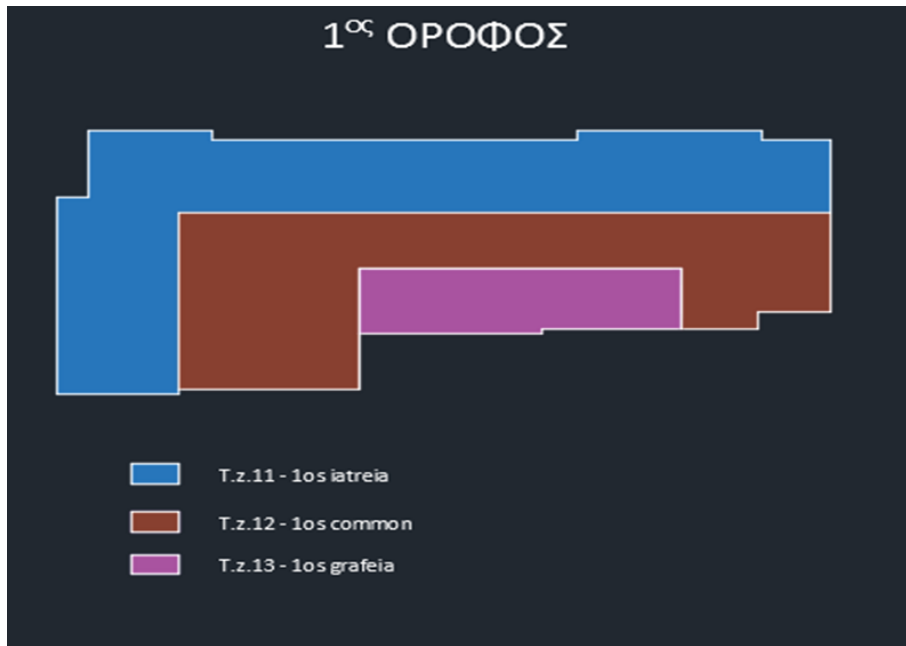
Εικόνα 4.8: Θερμικές ζώνες κάτοψης 2ου υπογείου



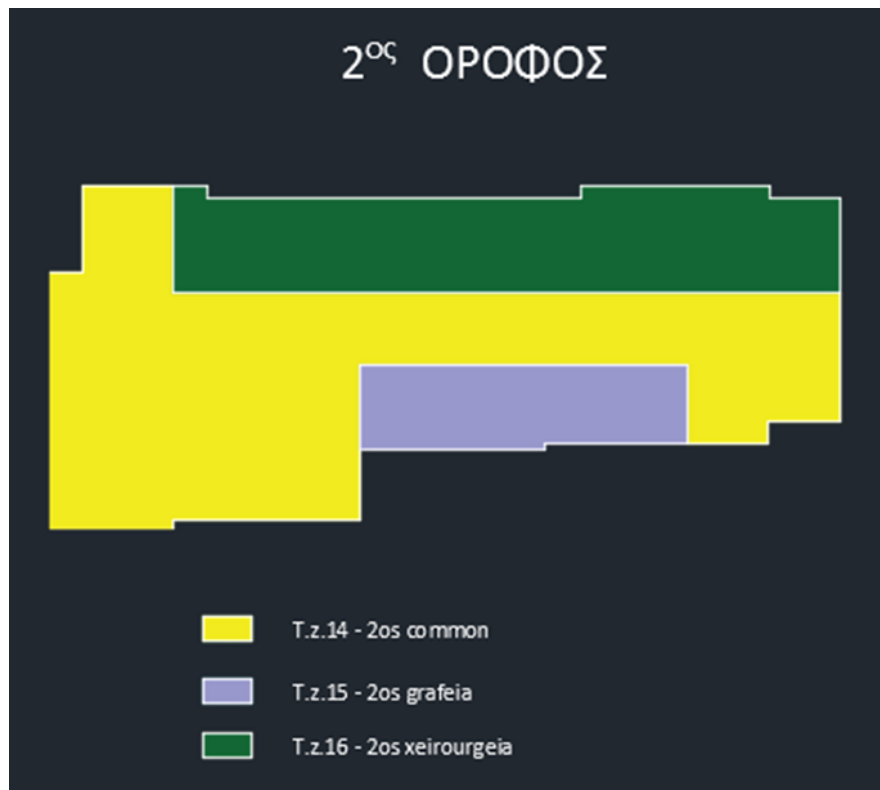
Εικόνα 4.9 : Θερμικές ζώνες κάτοψης 1ου υπογείου



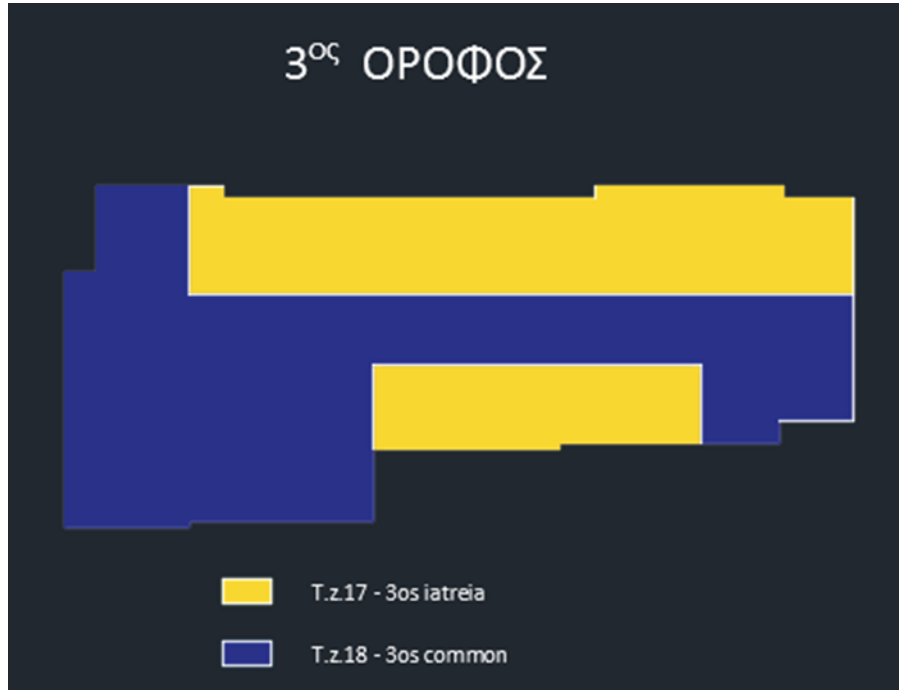
Εικόνα 4.10: Θερμικές ζώνες κάτοψης ισογείου



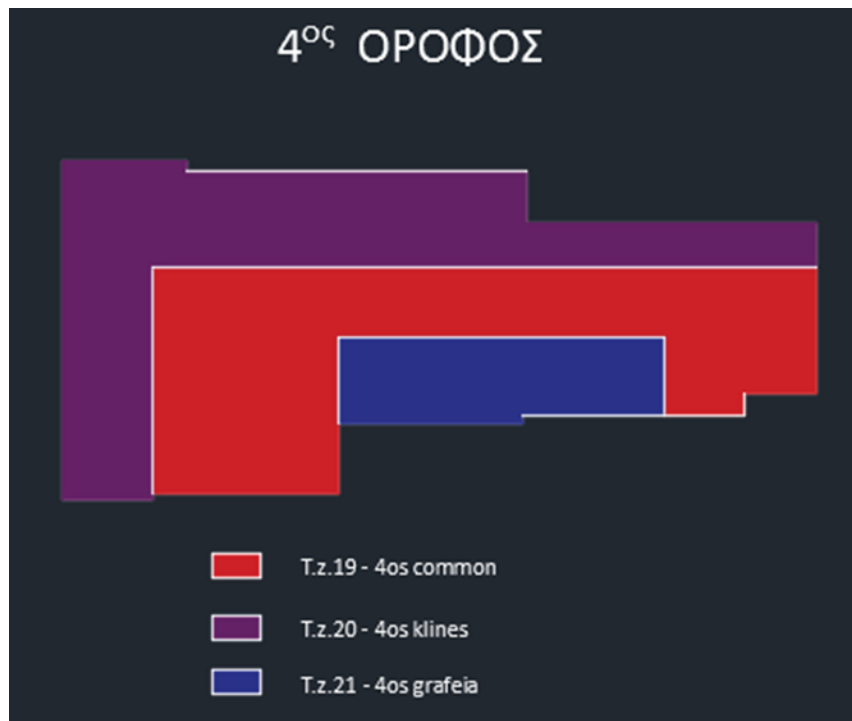
Εικόνα 4.11 : Θερμικές ζώνες κάτοψης 1ου ορόφου



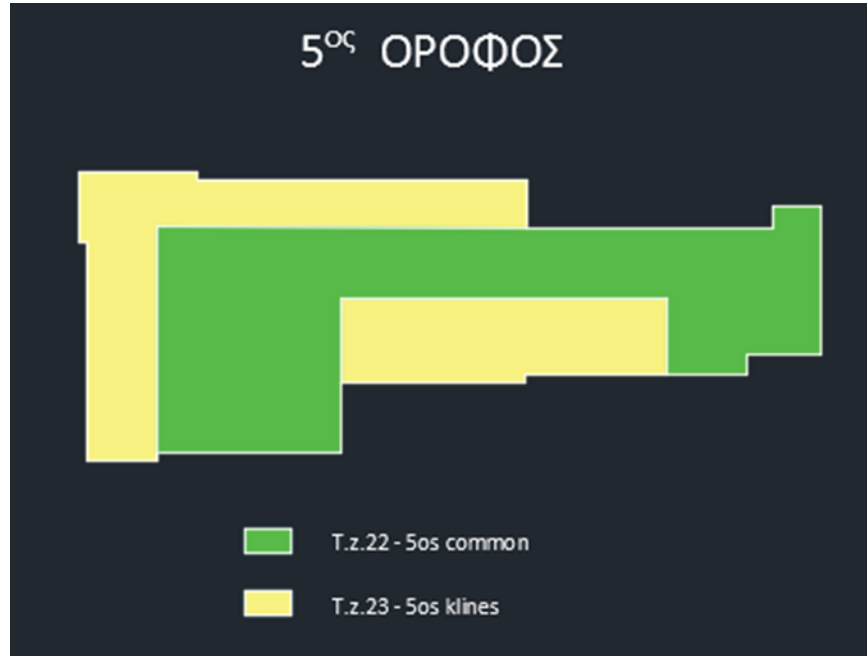
Εικόνα 4.12 : Θερμικές ζώνες κάτοψης 2ου ορόφου



Εικόνα 4.13: Θερμικές ζώνες κάτοψης 3ου ορόφου



Εικόνα 4.14: Θερμικές ζώνες κάτοψης 4ου ορόφου



Εικόνα 4.15: Θερμικές ζώνες κάτοψης 5ου ορόφου



Εικόνα 4.16: Θερμικές ζώνες κάτοψης 6ου ορόφου



Εικόνα 4.17: Θερμικές ζώνες κάτοψης δώματος

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε το κτίριο στο λογισμικό SketchUp σύμφωνα με τον προσανατολισμό του (συγκεκριμένα η πρόσοψη του κτιρίου «κοιτάει» το Βορρά).

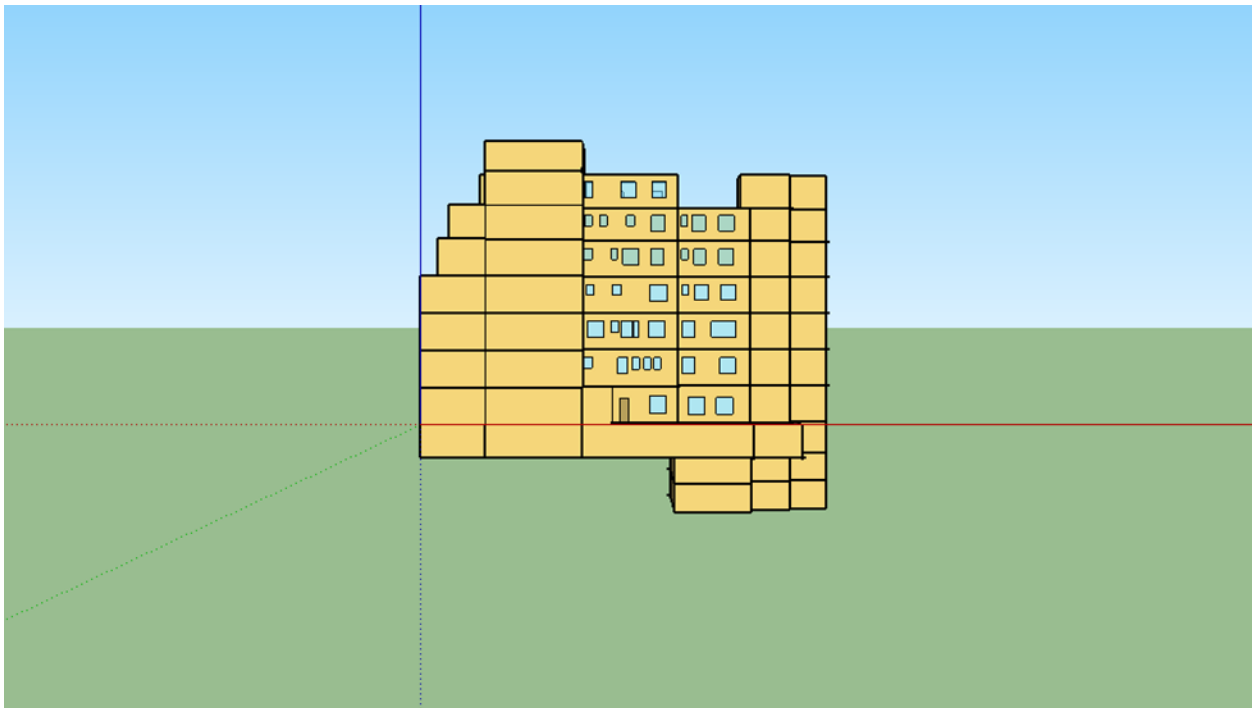
Το SketchUp διαθέτει ένα σύστημα τριών αξόνων, τον μπλε, τον κόκκινο και τον πράσινο που αντιστοιχούν στο ύψος, το μήκος και το πλάτος, με τον πράσινο άξονα να έχει φορά προς το Βορρά.

Σύμφωνα με τα παραπάνω το νοσοκομείο σχεδιάστηκε κατά μήκος του πράσινου άξονα με την πίσω όψη να εκτείνεται παράλληλα στον κόκκινο άξονα. Κατά την διάρκεια της αποτύπωσης του κτηρίου στο SketchUp χρησιμοποιήθηκε η εργαλειοθήκη του λογισμικού 'Legacy Open Studio plug-in' σχεδιάζοντας τον κάθε εσωτερικό χώρο σε διαφορετικό ενεργειακό χώρο, μέσω του εργαλείου 'New Space'.

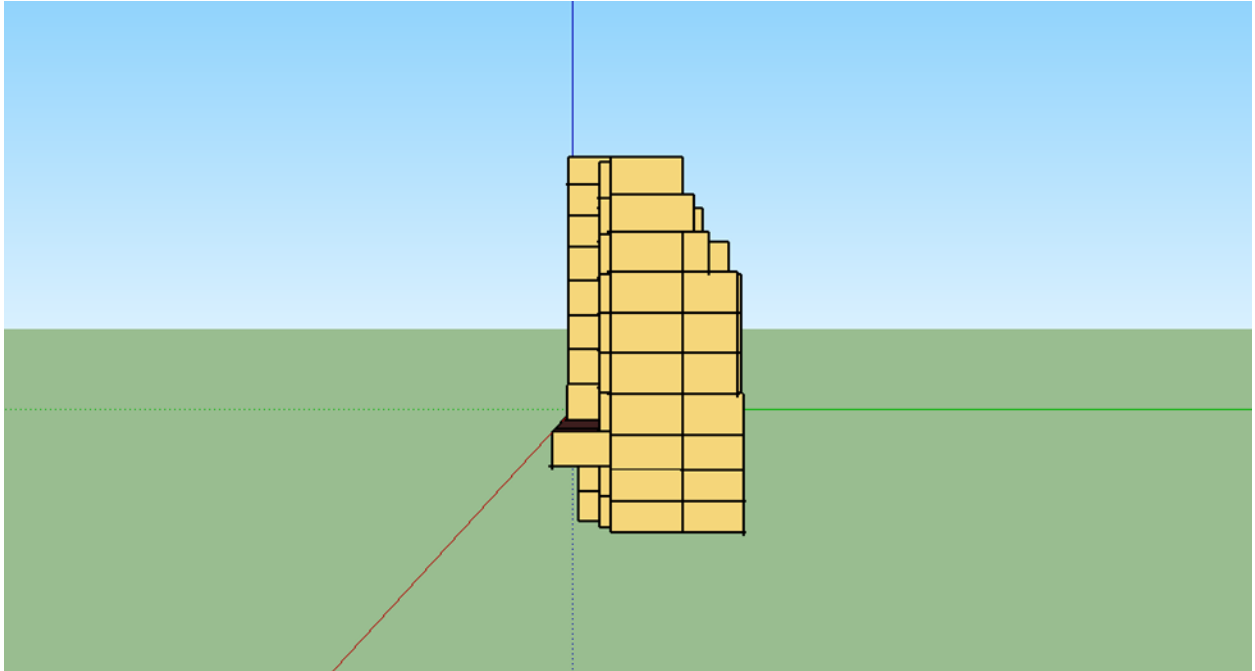
Με τον τρόπο αυτό αρχικά δημιουργήθηκαν 38 επιμέρους 'spaces' τα οποία στη συνέχεια ομαδοποιήθηκαν για την ανάγκη της προσομοίωσης με το λογισμικό EnergyPlus.

Η κάθε θερμική ζώνη ορίζεται με την εντολή ‘Set Attributes for Selected Spaces’ και στην καρτέλα που εμφανίζεται, επιλέγεται ‘New Thermal Zone’, αφού πρώτα έχει επιλεγεί το σημείο που θέλουμε να τοποθετηθεί η θερμική ζώνη και στη συνέχεια επιλέγουμε όσα άλλα ‘spaces’ θέλουμε να ανήκουν στην εκάστοτε θερμική ζώνη.

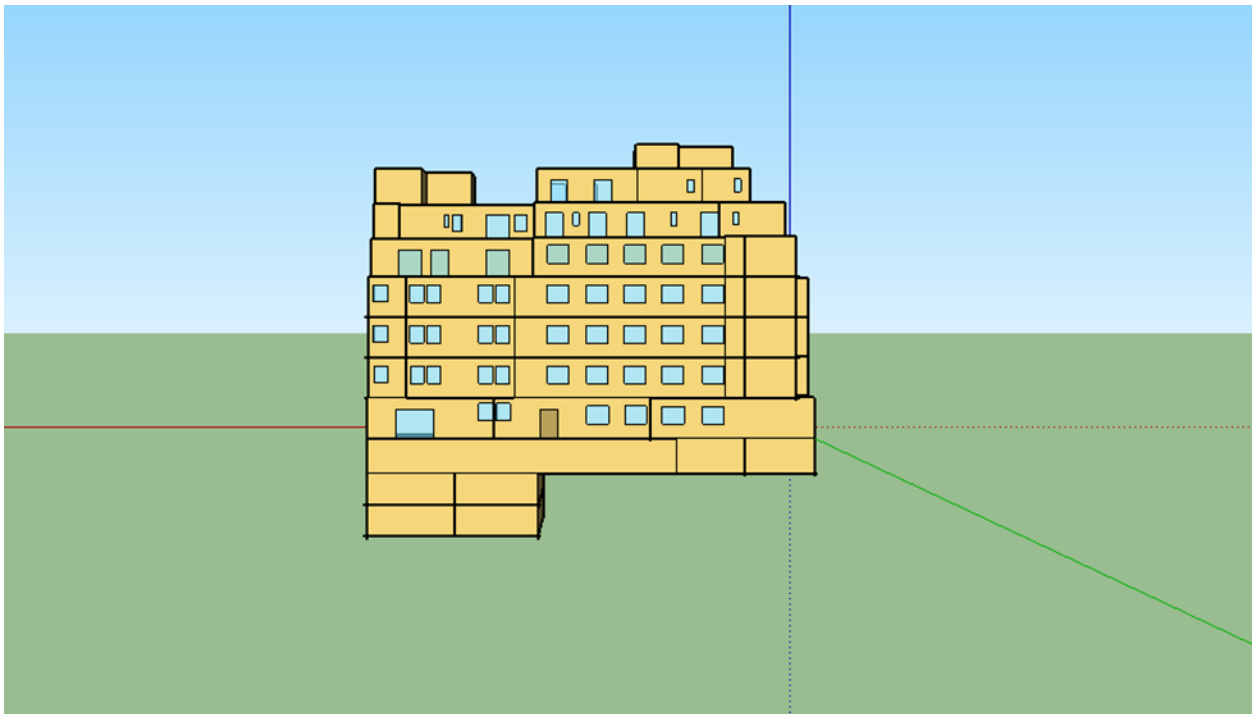
Με την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας προέκυψαν οι 26 θερμικές ζώνες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Το τρισδιάστατο μοντέλο που προέκυψε φαίνεται στις Εικόνες 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22 και 4.23.



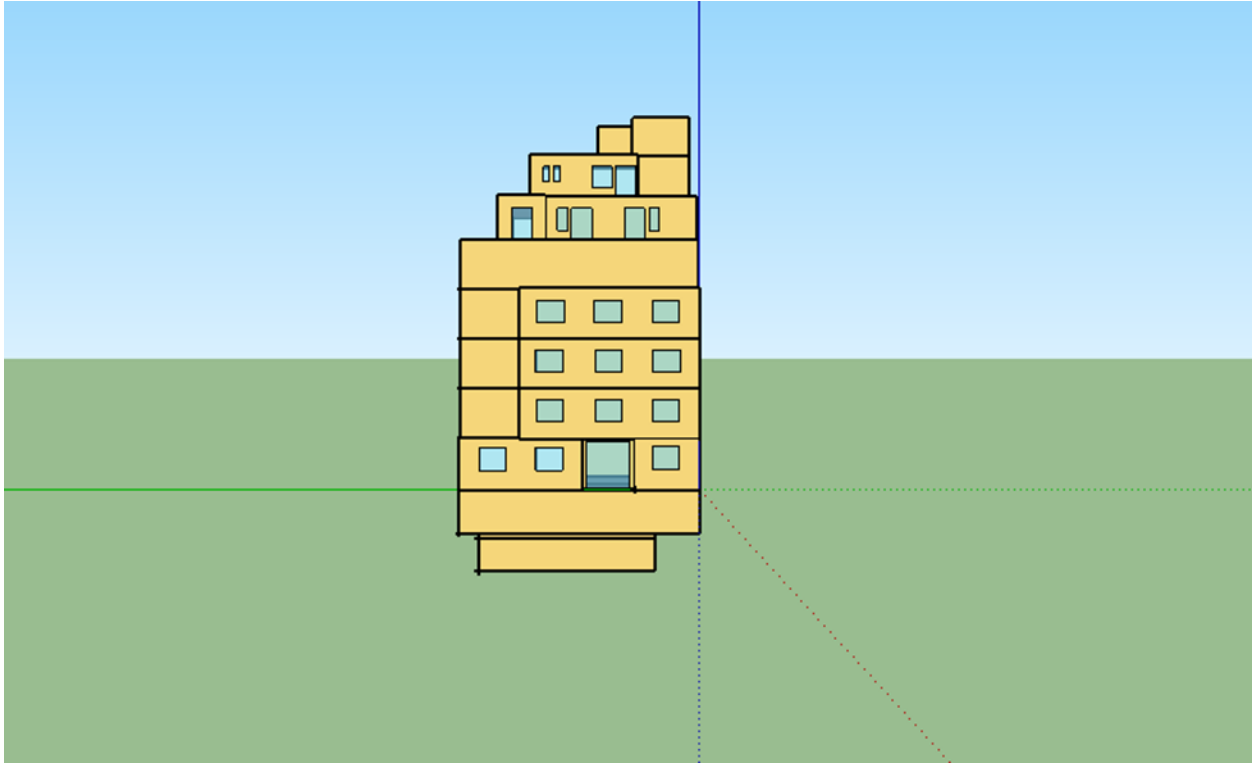
Εικόνα 4.18: Νότια όψη νοσοκομείου



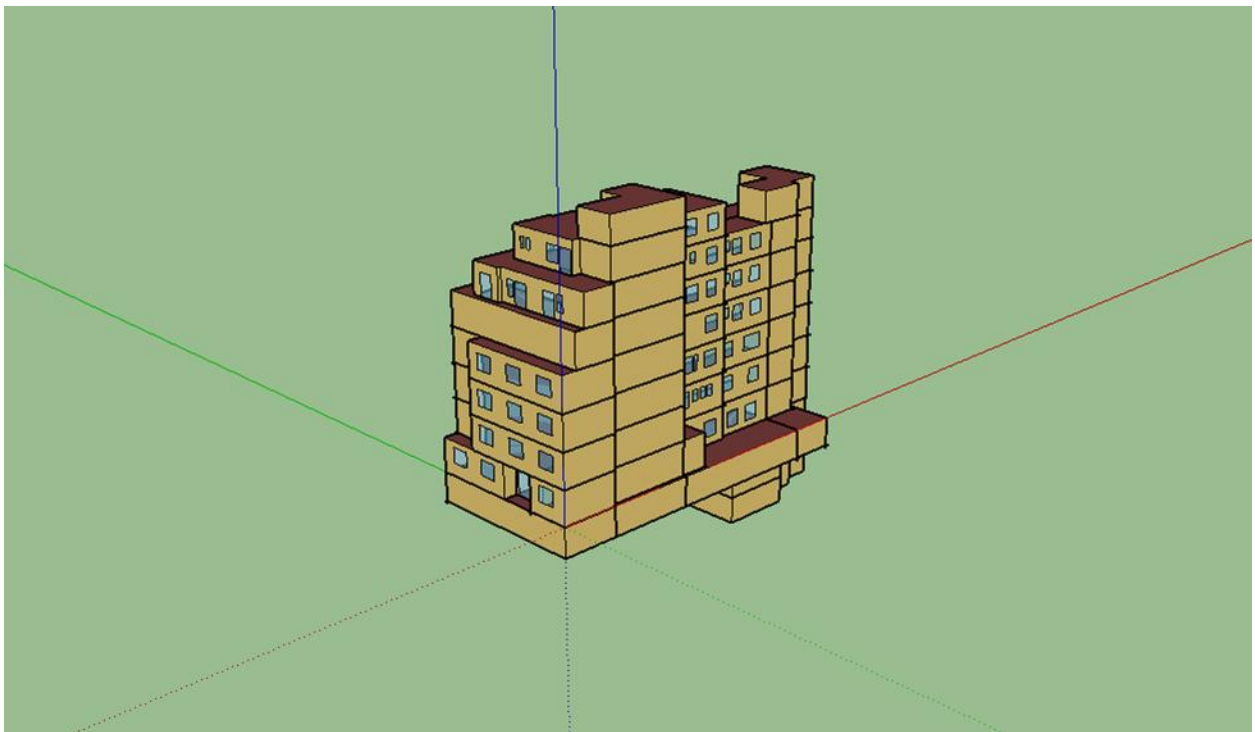
Εικόνα 4.19: Δυτική όψη νοσοκομείου



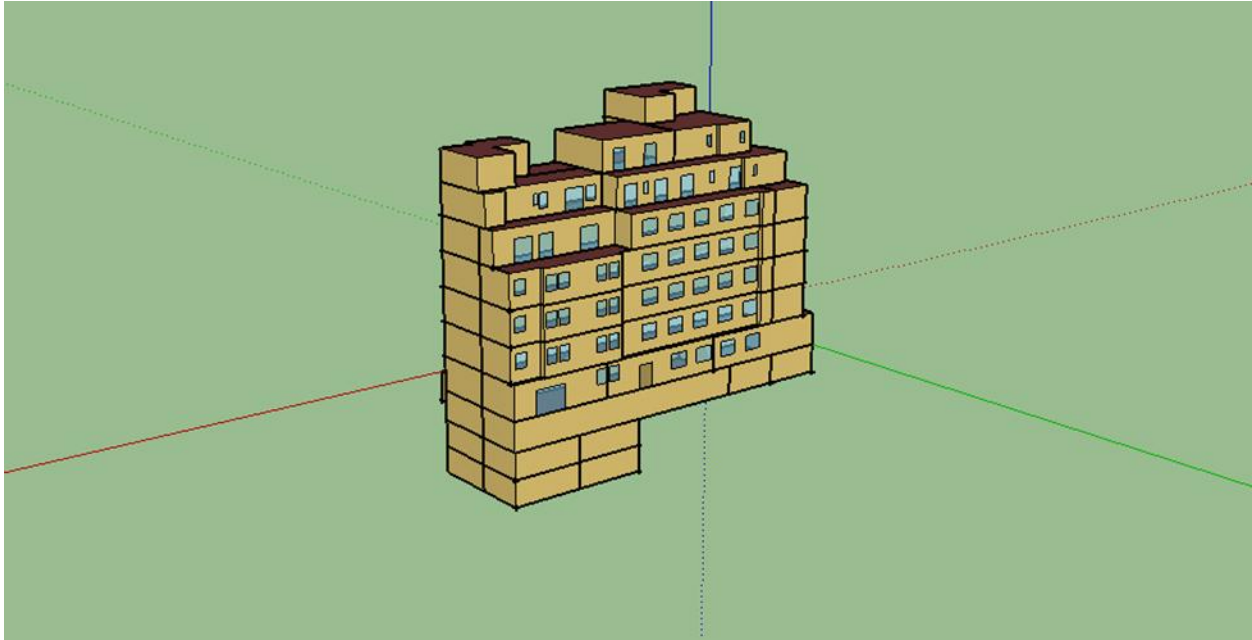
Εικόνα 4.20: Βόρεια όψη νοσοκομείου



Εικόνα 4.21: Ανατολική όψη νοσοκομείου



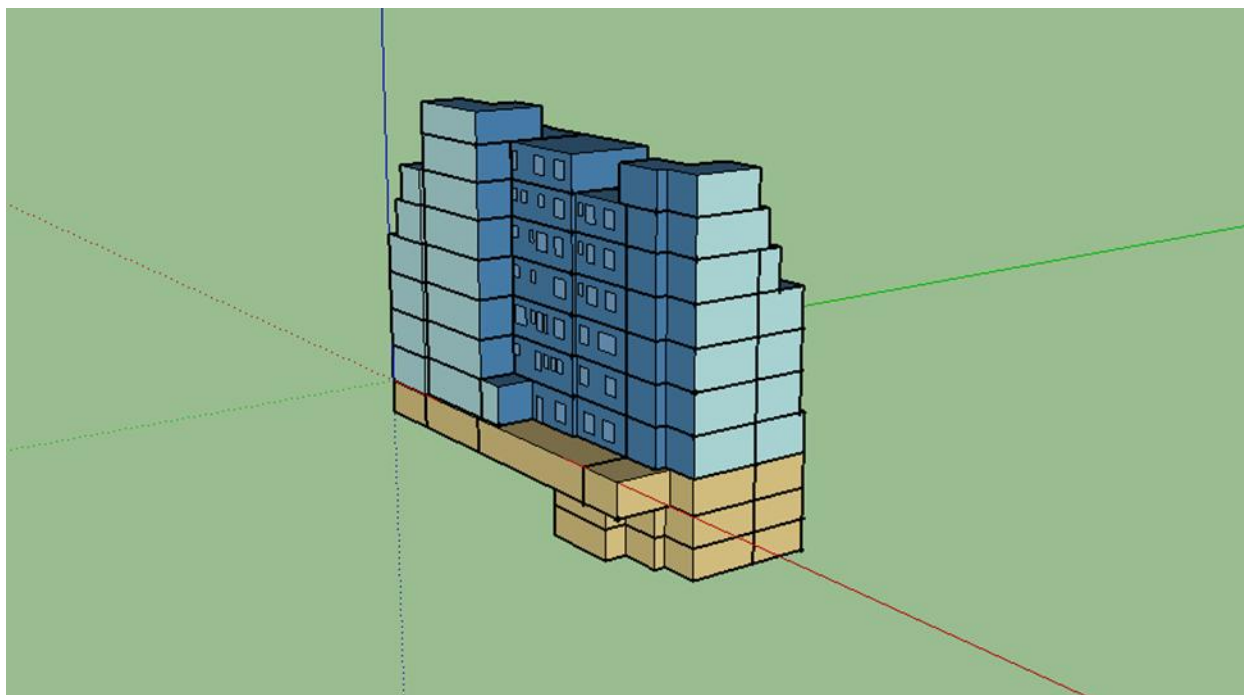
Εικόνα 4.22: Νοτιοανατολική άποψη νοσοκομείου



Εικόνα 4.23: Βορειοδυτική άποψη νοσοκομείου

Στην συνέχεια θα επεξηγηθούν ακόμη ορισμένα χρήσιμα εργαλεία των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν για να γίνει πιο κατανοητή η δομή της κατασκευής μας.

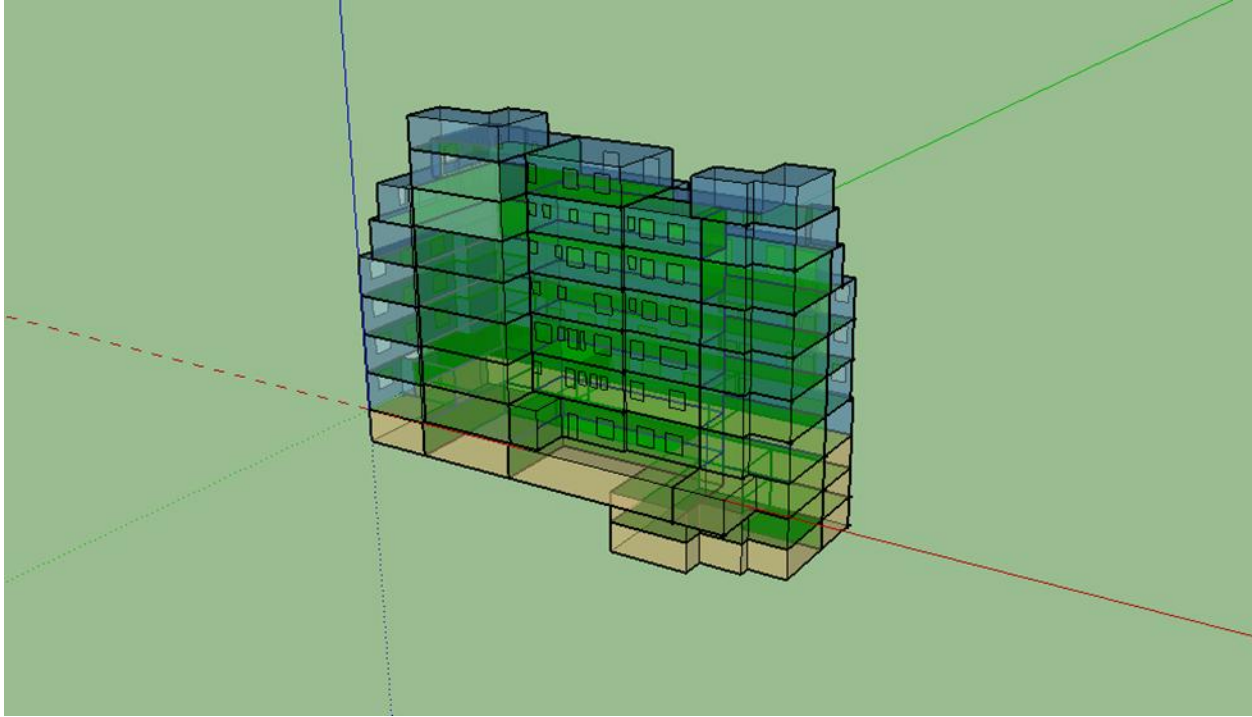
Εάν επιλεγεί η κατάσταση ‘Render by Boundary Condition’ εμφανίζονται οι επιφάνειες με διαφορετικά χρώματα ανάλογα με τις συνοριακές τους συνθήκες. Οι εξωτερικές επιφάνειες οι οποίες εκτίθενται στον ήλιο και στον άνεμο εμφανίζονται με μπλε χρώμα, οι εξωτερικές επιφάνειες οι οποίες δεν εκτίθενται στον ήλιο και στον άνεμο εμφανίζονται με γαλάζιο χρώμα, οι επιφάνειες επαφής(διεπιφάνειες) με πράσινο χρώμα και οι επιφάνειες επαφής με το έδαφος με μπεζ χρώμα.



Εικόνα 4.24: Επιφάνειες με συνοριακές συνθήκες

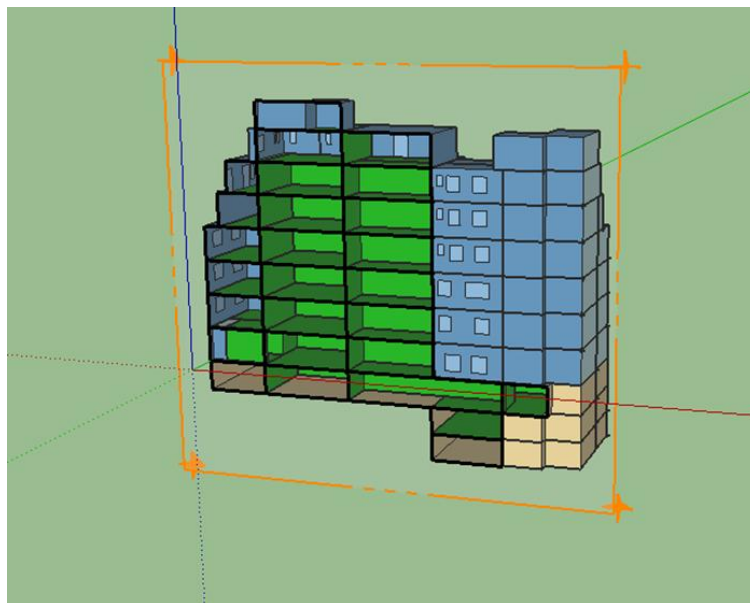
Για τη σωστή δημιουργία του μοντέλου, απαραίτητο είναι να δημιουργηθεί επιπλέον γεωμετρία ανάμεσα στους τοίχους, δηλαδή να κατηγοριοποιηθούν ως εσωτερικοί και εξωτερικοί (για αυτό και όπως αναφέρθηκε καλό είναι να αποφεύγεται η πολύπλοκη γεωμετρία όσον αφορά κυρίως τις διεπιφάνειες).

Για να λυθεί και αυτό το ζήτημα, χρησιμοποιούμε ένα εργαλείο, το 'Surface Matching', και στη συνέχεια το 'Match in Entire Model'. Για να δούμε το αποτέλεσμα αυτών των εργαλείων χρησιμοποιούμε το εργαλείο 'View Model in X-Ray Mode' και επιλέγεται όπως στην προηγούμενη περίπτωση η κατάσταση 'Render by Boundary Condition'. Στην παρακάτω εικόνα με πράσινο φαίνονται οι εσωτερικοί τοίχοι, με μπλε οι εξωτερικοί και με μπεζ η επαφή με το έδαφος.



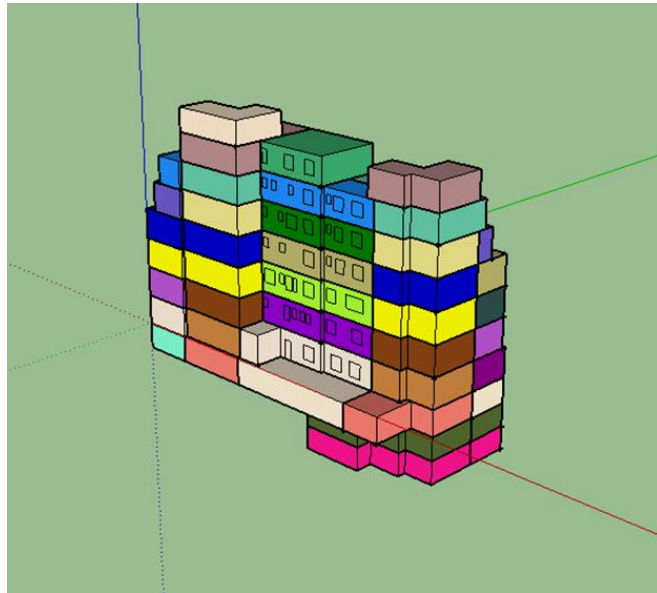
Εικόνα 4.25: Επιφάνειες - 'View Model in X-Ray Mode'

Επίσης πολύ χρήσιμο εργαλείο είναι και το εργαλείο της τομής επιφάνειας 'Section Plane' όπου γίνεται εμφανής η αλληλεπίδραση και η μεταφορά θερμότητας μεταξύ των διεπιφανειών (πράσινα στοιχεία).



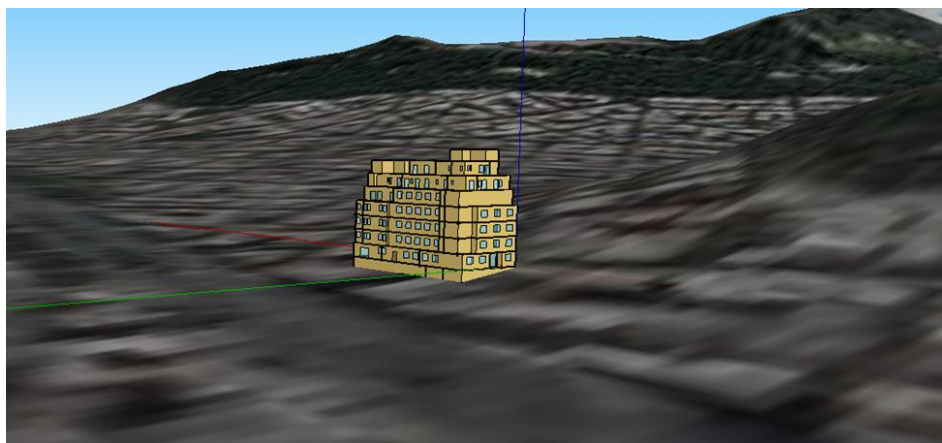
Εικόνα 4.26: Επιφάνειες - 'Section Plane'

Με την εντολή ‘Render by Thermal Zone’ εμφανίζονται με διαφορετικά χρώματα οι επιμέρους θερμοκρασιακές ζώνες.



Εικόνα 4.27: ‘Render By Thermal Zone’

Τέλος από το πρόγραμμα δίνεται και από αυτό το στάδιο η δυνατότητα ορισμού της τοποθεσίας της κατασκευής από File – Geo-location – Add location όπου ορίστηκε η ακριβής τοποθεσία του νοσοκομείου. Επιπρόσθετα αν ορίσεις την επιλογή Show Terrain εμφανίζεται η κατασκευή στην επιλεγμένη τοποθεσία καθώς και η μορφολογία του εδάφους.



Εικόνα 4.28: ‘Show Terrain’

4.4. Προσομοίωση του μοντέλου στο πρόγραμμα EnergyPlus

Έχοντας ολοκληρώσει την σχεδίαση του κτιρίου, εξήχθη το αρχείο σε μορφή .idf το οποίο εισήχθη στο EP-Launch και στη συνέχεια επεξεργάστηκε μέσω του IDF-Editor. Από την ευρεία λίστα που παρέχεται στο χρήστη μέσω του IDF Editor δόθηκαν πληροφορίες για τις κατηγορίες του πίνακα.

Ονομασίες των κατηγοριών στο IDF Editor	Επεξήγηση
Simulation Parameters	Παράμετροι προσομοίωσης
Location and Climate	Τοποθεσία και κλίμα
Schedules	Χρονοδιαγράμματα
Surface Construction Elements	Κατασκευαστικά στοιχεία επιφανειών
Thermal Zones and Surfaces	Θερμικές ζώνες και επιφάνειες
Internal Gains	Εσωτερικά θερμικά κέρδη
Zone Airflow	Ροή αέρα
HVAC Templates	Πρότυπα Θέρμανσης/ Αερισμού/Κλιματισμού

Εικόνα 4.29 : Κατηγορίες που αναλύθηκαν στο IDF Editor

4.4.1 Simulation Parameters

Σε αυτήν την κατηγορία εισάγονται ορισμένες βασικές πληροφορίες τόσο για το κτίριο όσο και για το πρόγραμμα.

Στην υποκατηγορία *'Version'* εισάγεται η έκδοση του Energy Plus που χρησιμοποιήθηκε στην υπό μελέτη προσομοίωση και στην υποκατηγορία *'Simulation Control'* ο χρήστης επιλέγει τι θέλει να υπολογίσει το πρόγραμμα. Στην υποκατηγορία *'Building'* εισάγουμε το όνομα του κτιρίου και η απόκλιση του από τον άξονα του Βορρά σε μοίρες. Στο *'Terrain'* επιλέγουμε το *'City'* αφού το εξεταζόμενο κτίριο βρίσκεται στο κέντρο της Αθήνας. Στο *'Solar Distribution'* επιλέγουμε το μηχανισμό που διανέμεται η ακτινοβολία στο κτίριο, αν τυχόν υπάρχουν σκίαστρα, ή σκίαση από άλλα κτίρια, ή προεξοχές του κτιρίου που δημιουργούν σκίαση στους εξωτερικούς τοίχους. Στο *'Timestep'* εισάγουμε το χρονικό βήμα με το οποίο θα υπολογιστεί η θερμότητα. Επιλέχθηκε η τιμή 6 που είναι και η συνηθέστερη.

4.4.2. Location and Climate

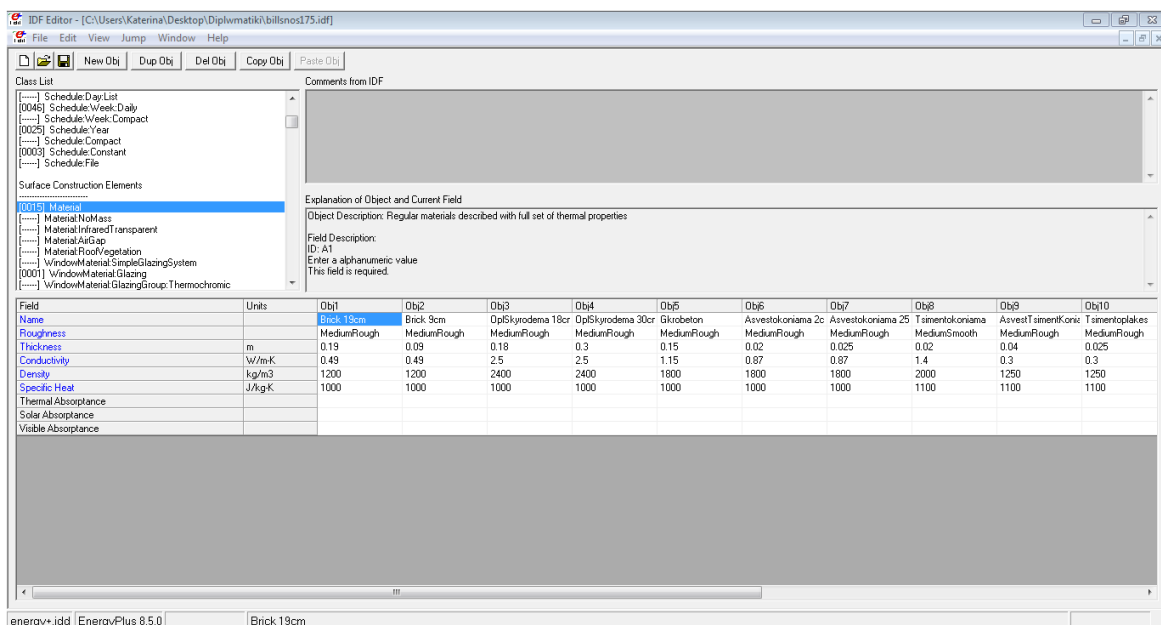
Η συγκεκριμένη κατηγορία περιγράφει τις συνθήκες περιβάλλοντος που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή του νοσοκομείου και είναι απαραίτητες να δηλωθούν για την εκτέλεση της προσομοίωσης. Συγκεκριμένα στην υποκατηγορία «Site:Location» καταγράφηκαν οι ακριβείς γεωγραφικές συντεταγμένες του νοσοκομείου (γεωγραφικό μήκος και πλάτος) καθώς και η ζώνη ώρας στην οποία ανήκει. Στην υποκατηγορία «RunPeriod» δηλώθηκε το χρονικό διάστημα προσομοίωσης δηλαδή η περίοδος λειτουργίας η οποία είναι όλο το έτος 1/1 έως 31/12. Τέλος, στην κατηγορία αυτή συμπληρώνονται και οι μέσες θερμοκρασίες εδάφους στο πεδίο *'Site: Ground Temperature: Building Surface'*, όπως υποδεικνύονται στην τεχνική οδηγία (T.O.T.E.E). Ορίστηκε η θερμοκρασία του εδάφους σταθερή στους 18°C για όλους τους μήνες του χρόνου.

4.4.3 Surface Construction Elements

Αυτή η κατηγορία περιγράφει τις φυσικές ιδιότητες και τη σύνθεση του κτιριακού κελύφους και των εσωτερικών του στοιχείων. Τα στοιχεία που προσδιορίζονται είναι οι εξωτερικοί/εσωτερικοί τοίχοι, τα δάπεδα/οροφές, τα παράθυρα και οι πόρτες. Στη συνέχεια αναλύονται οι πληροφορίες που εισήχθησαν σε κάθε υποκατηγορία που ανήκει στην κατηγορία αυτή.

➤ *Material*

Σ' αυτήν την υποκατηγορία δηλώθηκαν όλα τα επιμέρους δομικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή κάθε επιφάνειας του κτιρίου. Όπως παρουσιάζεται και στην Εικόνα 4.16, το κάθε υλικό που εισήχθει συνοδεύεται από τις πέντε βασικές ιδιότητες τους (τραχύτητα, πάχος, αγωγιμότητα, πυκνότητα, ειδική θερμότητα) στα αντίστοιχα πεδία που ζητούνται. Οι τιμές για τις ιδιότητες αυτές (εκτός της τραχύτητας) λήφθηκαν από τους πίνακες που δίνονται στη Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. , βλ Παράρτημα Α).



The screenshot shows the 'IDF Editor' window with the 'Material' class selected in the 'Class List'. The 'Explanation of Object and Current Field' section displays the following table:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Name		Brick, 19cm	Brick, 9cm	OpSiKrodema 18cr	OpSiKrodema 30cr	Gkzobeton	Asvestokoriana 2c	Asvestokoriana 25	Tsimentokoriana	AsventsimentKoriv	Tsimentoplakes
Roughness		MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumSmooth	MediumRough	MediumRough
Thickness	m	0.19	0.09	0.18	0.3	0.15	0.02	0.025	0.02	0.04	0.025
Conductivity	W/m.K	0.49	0.49	2.5	2.5	1.15	0.87	0.87	1.4	0.3	0.3
Density	kg/m3	1200	1200	2400	2400	1800	1800	1800	2000	1250	1250
Specific Heat	J/kg.K	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1100	1100	1100
Thermal Absorptance											
Solar Absorptance											
Visible Absorptance											

Εικόνα 4.30 : Παράμετροι υποκατηγορίας Material

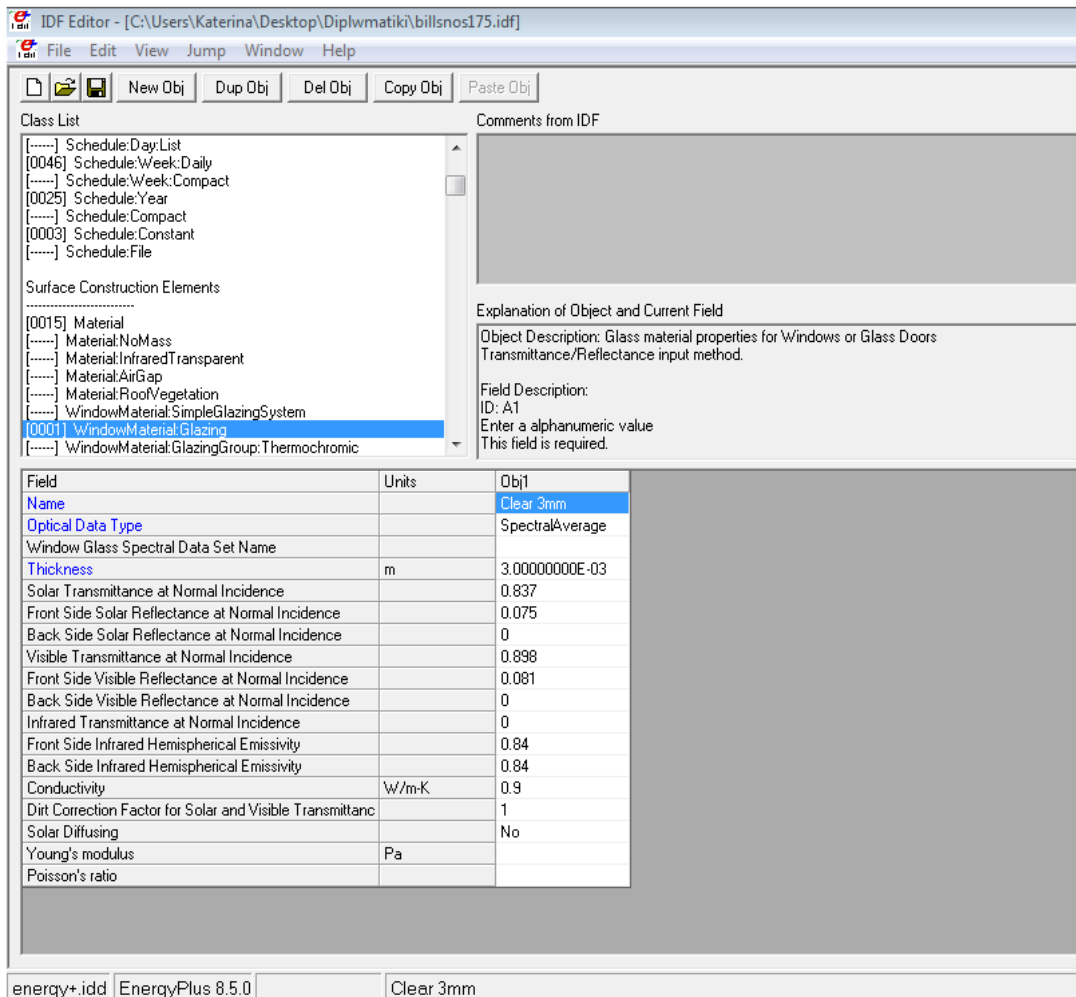
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα υλικά και οι ιδιότητες τους:

Υλικό (material)	Τραχύτητα (roughness)	Πάχος (thickness) (m)	Αγωγιμότητα (conductivity) (W/m*k)	Ποκνότητα (density) (kg/m ³)	Ειδική Θερμότητα (special heat) (J/(kg*K))
Οπτόπλινθος	Μεσαία	0.19 & 0.09	0.49	1200	1000
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	Μεσαία	0.18 & 0.3	2.50	2400	1000
Γκρο-Μπετόν	Μεσαία	0.15	1.15	1800	1000
Ασβεστοκονίαμα	Μεσαία	0.02 & 0.025	0.87	1800	1000
Τσιμεντοκονίαμα	Λίγο	0.02	1.40	2000	1100
Ασβεστοτσιμεντο-κονίαμα	Μεσαία	0.04	0.30	1250	1000
Τσιμεντόπλακες	Μεσαία	0.025	0.30	1250	1000
Κισηρομπετόν	Μεσαία	0.05	0.20	500	1000
Αμμοχάλικο	Πολύ	0.3	2.00	2200	1000
Πλακάκια Μωσαϊκό	Λίγο	0.02	1.20	1900	800
Ασφαλτόπανο	Μεσαία	0.01	0.23	1100	1000
Ξύλο	Λίγο	0.05	0.13	500	1600

Εικόνα 4.31: Δομικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του νοσοκομείου

➤ *WindowMaterial: Glazing*

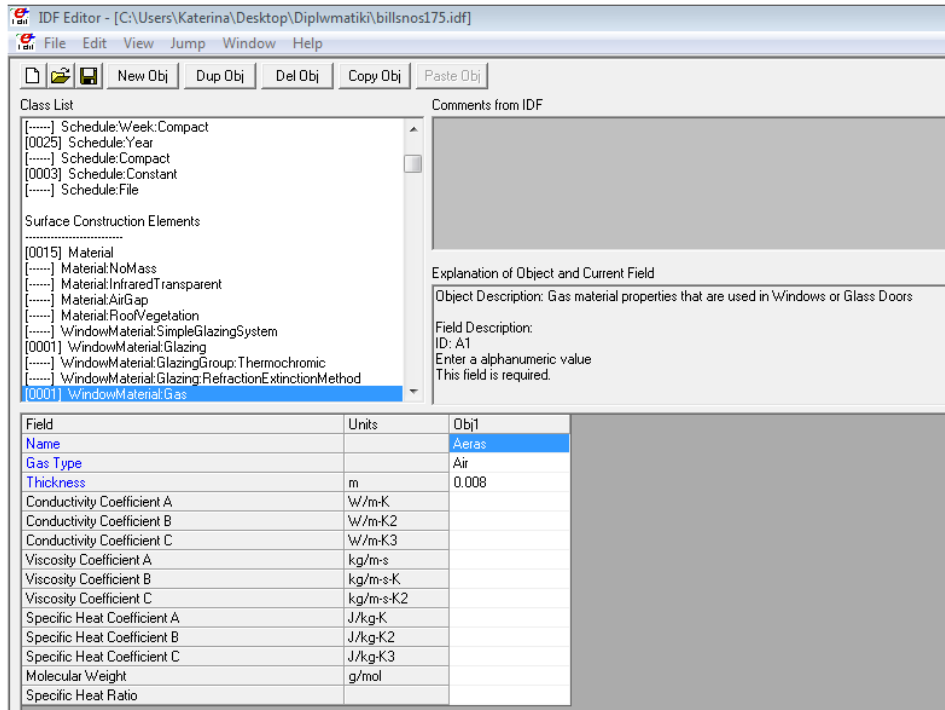
Σ' αυτό το σημείο προστέθηκε το υλικό απ' το οποίο αποτελούνται τα παράθυρα, στην περίπτωση αυτή, γυαλί πάχους 3 χιλιοστών, καθώς δόθηκαν τιμές και για κάποια απ' τα χαρακτηριστικά του (όπως συντελεστές διαπερατότητας, διάχυσης, εκπομπής ηλιακής ακτινοβολίας). (Εικόνα 4.5)



Εικόνα 4.32 : Υποκατηγορία 'Window Material: Glazing'

➤ *WindowMaterial: Gas*

Στην υποκατηγορία αυτή καθορίστηκαν οι ιδιότητες του φυσικού αέρα που εισάγεται μεταξύ υαλοπινάκων σε ένα παράθυρο. Τα παράθυρα του δεδομένου κτιρίου μεταξύ των υαλοπινάκων περιέχουν αέρα πάχους 8 χιλιοστών. (Εικόνα 4.6)



Εικόνα 4.33 : Υποκατηγορία 'WindowMaterial: Gas'

➤ Construction

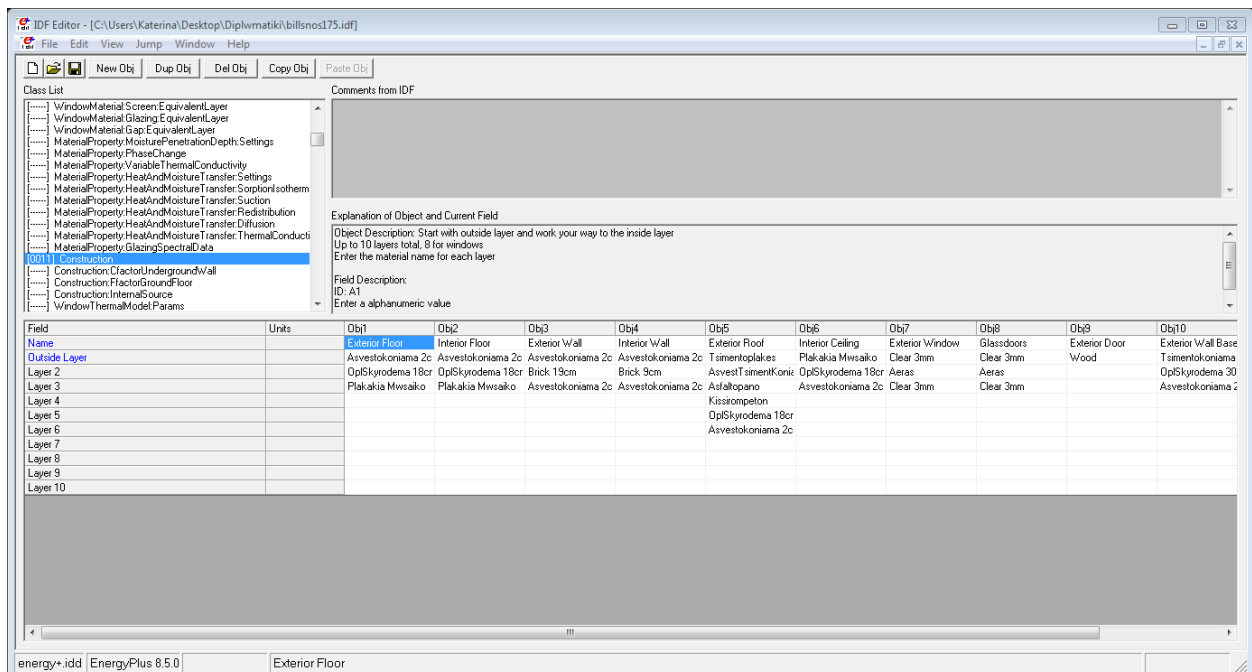
Σε αυτήν την υποκατηγορία ορίστηκε η δομή της κάθε επιφάνειας (τοιχοί, δάπεδα, οροφές, παράθυρα, πόρτες) της κατασκευής. Εισήχθησαν τα υλικά που τις αποτελούν, με σειρά από το εξωτερικό στρώμα προς το εσωτερικό (Εικόνα 4.7). Τα υλικά αυτά αντλήθηκαν:

- ✓ από την υποκατηγορία «Material» για τους τοίχους, τα δάπεδα, τις οροφές και τις πόρτες
- ✓ από τις υποκατηγορίες «WindowMaterial:Glazing» , «WindowMaterial:Gas» για τα παράθυρα

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται όλες οι επιφάνειες με τα υλικά τους, σε σειρά από το εξωτερικό στρώμα προς το εσωτερικό:

Εξωτερικό δάπεδο (Exterior Floor)	Εξωτερικός τοίχος(Exterior Wall)	Εξωτερική οροφή(Exterior Roof)
i. Αβεστοκονίαμα 2cm	i. Αβεστοκονίαμα 2cm	i. Τιμεντόπλακες 2.5cm
ii. Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm	ii. Οπτοπλινθοδομή 19cm	ii. Αβεστοτσιμεντοκονίαμα 4cm
iii. Πλακάκια Μωσαϊκό 2 cm	iii. Αβεστοκονίαμα 2cm	iii. Ασφαλτόπανο 1cm
Εσωτερικό δάπεδο(Interior Floor)	Εσωτερικός τοίχος(Interior Wall)	iv. Κισηρομπετόν 5cm
i. Αβεστοκονίαμα 2cm	i. Αβεστοκονίαμα 2cm	v. Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm
ii. Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm	ii. Οπτοπλινθοδομή 9 cm	vi. Αβεστοκονίαμα 2cm
iii. Πλακάκια Μωσαϊκό 2 cm	iii. Αβεστοκονίαμα 2cm	Εσωτερική οροφή(Interior Ceiling)
Εξωτερικό παράθυρο(Exterior Window)	Τζαμαρία(Glassdoor)	i. Πλακάκια Μωσαϊκό 2 cm
i. Καθαρό τζάμι 3mm	i. Καθαρό τζάμι 3mm	ii. Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm
ii. Αέρας 8mm	ii. Αέρας 8mm	iii. Αβεστοκονίαμα 2cm
iii. Καθαρό τζάμι 3mm	iii. Καθαρό τζάμι 3mm	Εξωτερική πόρτα(Exterior Door)
Δάπεδο υπογείων(Basement Floor)	Εξωτερικός τοίχος υπογείων(Exterior Wall Basement)	i. Ξύλο 5cm
i. Αμμογάλλιο 30cm	i. Τιμεντοκονίαμα 2cm	
ii. Γκρο-Μπετόν 15cm	ii. Οπλισμένο σκυρόδεμα 30cm	
iii. Πλακάκια Μωσαϊκό 2 cm	iii. Αβεστοκονίαμα 2.5cm	

Εικόνα 4.34: Δομή κατασκευής επιφανειών



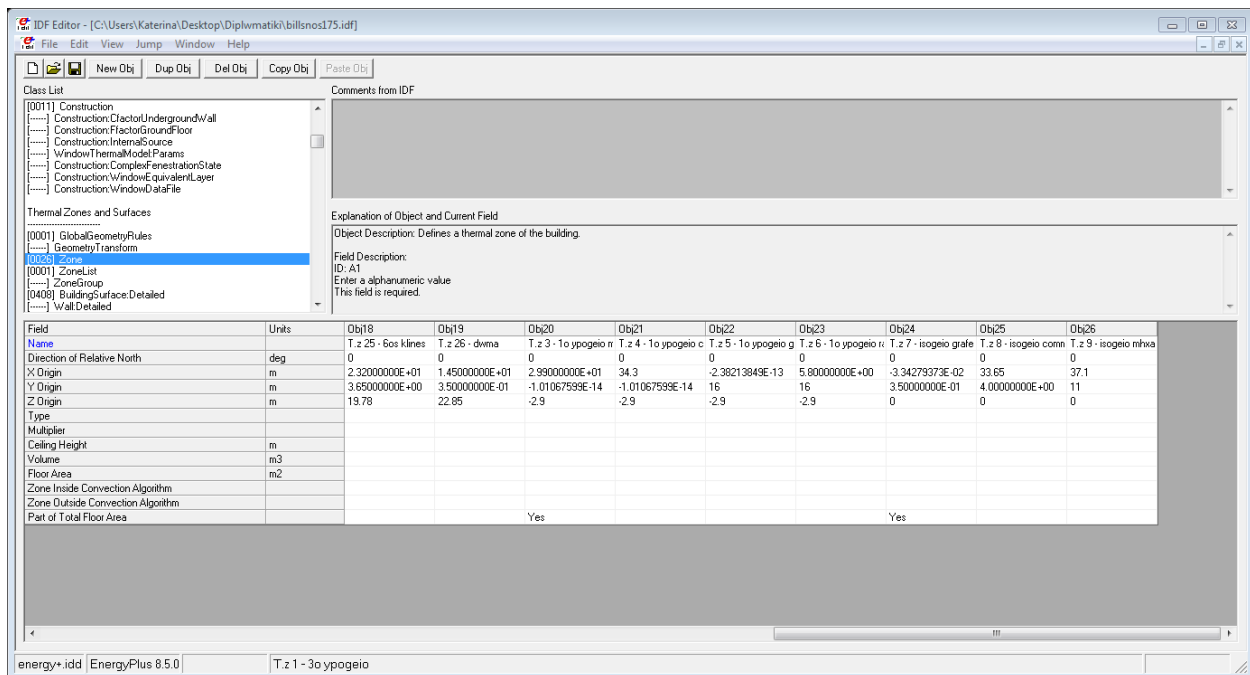
Εικόνα 4.35 : Παράμετροι υποκατηγορίας "Construction"

4.4.4. Thermal Zones and Surfaces

Σε αυτή την κατηγορία γίνεται περιγραφή των θερμικών ζωνών με τις συντεταγμένες τους, τα χαρακτηριστικά τους και όλες τις επιφάνειες που περιέχουν καθώς και οι λεπτομέρειες αυτών.

➤ Zone

Στην υποκατηγορία «Zone» καθορίζονται οι παράμετροι για την προσομοίωση κάθε θερμικής ζώνης του κτιρίου. Οι παράμετροι αυτές (όνομα, συντεταγμένες) αναγνωρίζονται αυτόματα στο υποπρόγραμμα Ep- Launch του Energy Plus κατά την εισαγωγή του αρχείου μορφής idf, που προέκυψε από τον σχεδιασμό του κτιρίου στο SketchUp. Στην περίπτωση μας έχουμε 26 θερμικές ζώνες.

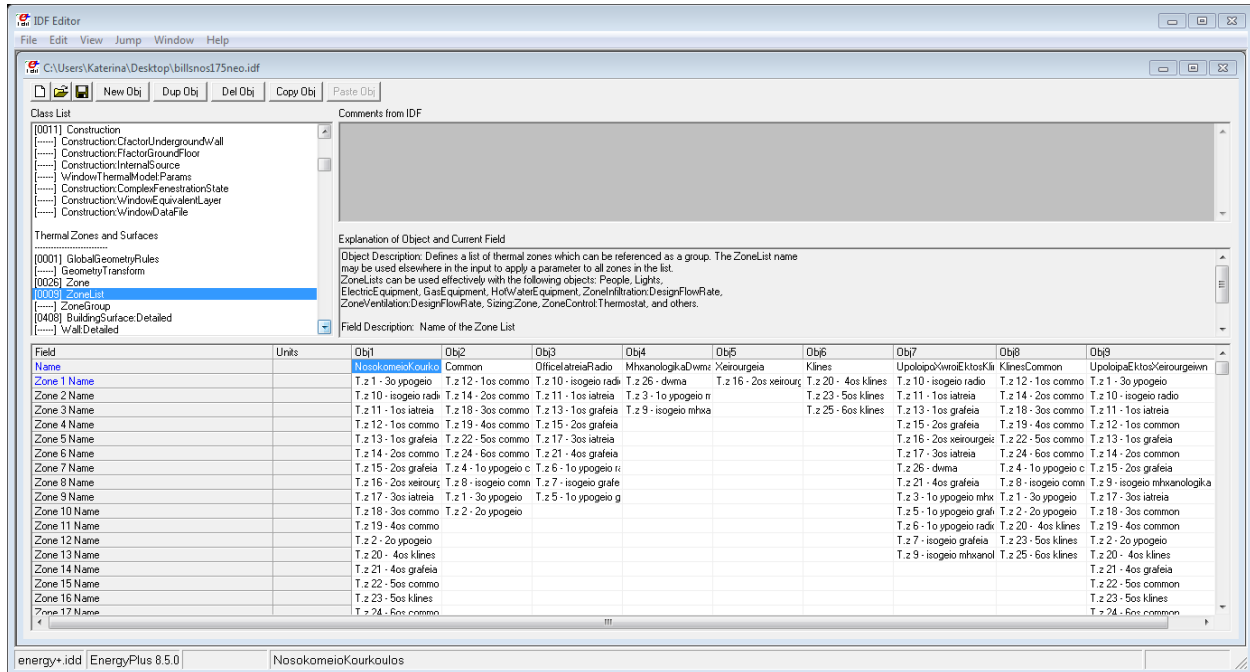


Field	Units	Obj18	Obj19	Obj20	Obj21	Obj22	Obj23	Obj24	Obj25	Obj26
Name		T.z 25 - 6os klines	T.z 26 - dwma	T.z 3 - 1o ypogeio n	T.z 4 - 1o ypogeio c	T.z 5 - 1o ypogeio g	T.z 6 - 1o ypogeio r	T.z 7 - isogeio grafe	T.z 8 - isogeio comm	T.z 9 - isogeio mhva
Direction of Relative North	deg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X Origin	m	2.32000000E+01	1.45000000E+01	2.99000000E+01	34.3	-2.38213849E-13	5.80000000E+00	-3.34279373E-02	33.65	37.1
Y Origin	m	3.85000000E+00	3.50000000E-01	-1.01067599E-14	-1.01067599E-14	16	16	3.50000000E-01	4.00000000E+00	11
Z Origin	m	19.70	22.85	-2.9	-2.9	-2.9	-2.9	0	0	0
Type										
Multiplier										
Ceiling Height	m									
Volume	m3									
Floor Area	m2									
Zone Inside Convection Algorithm										
Zone Outside Convection Algorithm										
Part of Total Floor Area				Yes				Yes		

Εικόνα 4.36: Θερμικές ζώνες

➤ *Zone List*

Με την υποκατηγορία αυτή, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει ομάδες θερμικών ζωνών με κοινές ιδιότητες καθώς αρκετές θερμικές ζώνες ενός κτιρίου εμφανίζουν κοινά χαρακτηριστικά όσον αφορά στις λειτουργίες που διαθέτουν. Στην περίπτωση μας δημιουργήθηκαν 9 ομάδες θερμικών ζωνών.

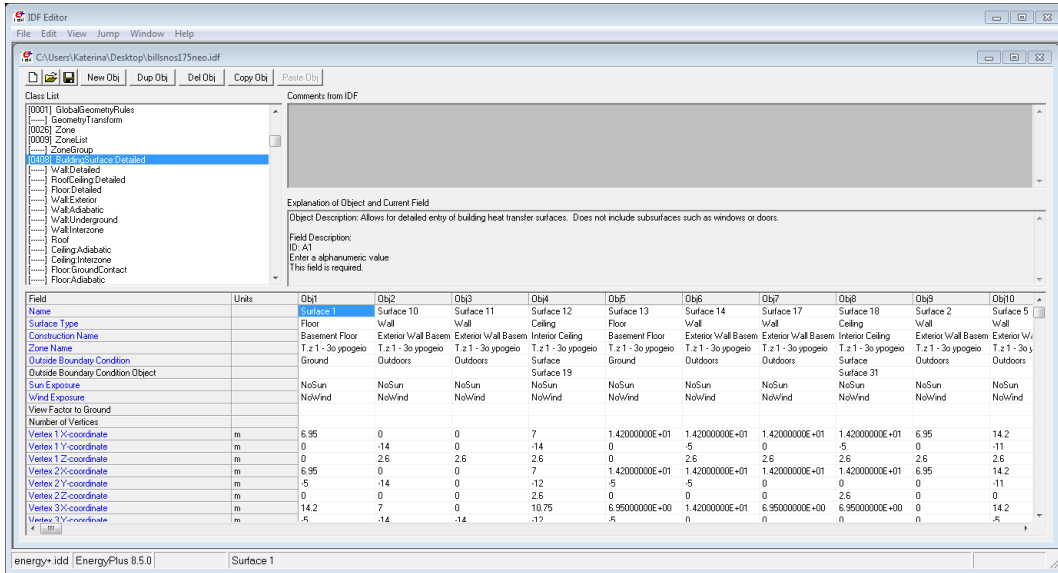


Εικόνα 4.37 : Υποκατηγορία 'Zone List' – Ομάδες θερμικών ζωνών

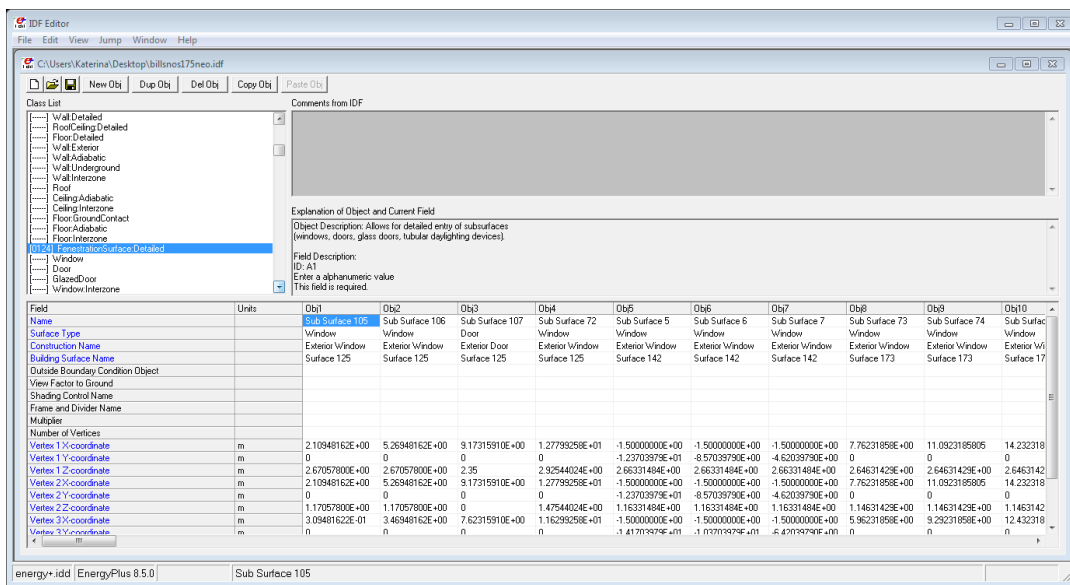
➤ *BuildingSurface:Detailed* και *FenestrationSurface:Detailed*

Στις υποκατηγορίες αυτές, κάθε επιφάνεια που έχει δημιουργηθεί στο SketchUp , εισάγεται αυτόματα στο EnergyPlus με όλα τα χαρακτηριστικά της. Οι υποκατηγορίες αυτές χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τα σημαντικά στοιχεία της κατασκευής του κτιρίου (τοιχοί, οροφές, δάπεδα, παράθυρα, πόρτες), που έχουν οριστεί στην υποκατηγορία «Construction», και να καθορίσουν τις αλληλεπιδράσεις των στοιχείων αυτών με το εξωτερικό περιβάλλον και τις απαιτήσεις του εσωτερικού χώρου. Κατά τον προσδιορισμό των προδιαγραφών της

εκάστοτε επιφάνειας διατίθενται επιλογές όπως : Ground (Εδαφος) - όταν μία επιφάνεια έρχεται σε επαφή με το έδαφος, Outdoors (Εξωτερική) – όταν μία επιφάνεια είναι άμεσα εκτεθειμένη στις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος, Surface (Επιφάνεια) – όταν μία επιφάνεια αποτελεί τη διεπιφάνεια μεταξύ δύο θερμικών ζωνών.



Εικόνα 4.38 : Υποκατηγορία 'Building Surface: Detailed' – Επιφάνειες Κτιρίου



Εικόνα 4.39 : Υποκατηγορία 'Fenestration Surface: Detailed' – Επιφάνειες Κτιρίου

4.4.5. Schedules

Σε αυτήν την κατηγορία δίνεται η επιλογή στο χρήστη να προγραμματίσει πολλές παραμέτρους, όπως η ανθρώπινη δραστηριότητα, η πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης, ο φωτισμός και η λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών. Συμπληρώθηκε η υποκατηγορία 'Schedule:Compact', όπου δημιουργήθηκαν χρονοδιαγράμματα για όλο το εικοσιτετράωρο για κάθε δραστηριότητα.

Επιπρόσθετα ο προγραμματισμός ορίστηκε για 12 μήνες διότι το νοσοκομείο είναι σε συνεχή λειτουργία καθ'όλη την διάρκεια του έτους. Οι τιμές που δόθηκαν στα πεδία της υποκατηγορίας, για όσο χρονικό διάστημα ορίστηκε, μπορούν να είναι συντελεστές (Fraction), θερμοκρασίες (Temperature), η οποιαδήποτε άλλη τιμή με μονάδα μέτρησης αντίστοιχης του στοιχείου στο οποίο αναφέρεται (Any Number).

Παρακάτω αναλύονται ενδελεχώς τα χρονοδιαγράμματα τα οποία ορίστηκαν (και τα οποία στην πορεία θα χρησιμοποιηθούν σε ποικίλες κατηγορίες).

➤ *Χρονοδιαγράμματα πυκνότητας ανθρώπινης ύπαρξης*

Ορίστηκαν χρονοδιαγράμματα τα οποία παρουσιάζουν την πυκνότητα της ανθρώπινης ύπαρξης σε μορφή συντελεστή (Fraction) για κάθε χώρο που παρουσιάζει παρόμοια πυκνότητα. Για τον προσδιορισμό των συντελεστών πυκνότητας ανθρώπινης ύπαρξης πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις στους διάφορους χώρους του νοσοκομείου (όπου αυτό ήταν εφικτό) και επιτόπου καταγραφή της ανθρώπινης ύπαρξης κατά τη διάρκεια μίας τυπικής ημέρας δίνοντας έμφαση στις ώρες αιχμής.

- Στο χρονοδιάγραμμα «**ScheduleCommonPeople**» που αφορά κοινόχρηστους χώρους (διαδρόμους, χώρους αναμονής κ.α) ο συντελεστής

λαμβάνει την μέγιστη τιμή απο τις 07:00 ως τις 14:00 καθώς εκείνη την χρονική περίοδο κυκλοφορούν στον χώρο γιατροί, επισκέπτες ακόμα και οι ασθενείς.

- Στο χρονοδιάγραμμα «**ScheduleOffIatrRadPeople**» που αφορά χώρους γραφείων και ιατρείων ο συντελεστής λαμβάνει την μέγιστη τιμη απο τις 08:00 ως τις 14:00.
- Στο χρονοδιάγραμμα «**SceduleKlinesPeople**» που αφορά τα δωμάτια νοσηλείας των ασθενών και ο συντελεστής παίρνει μέγιστη τιμή κατά τις χρονικές διάρκειες 14:00 ως 17:00 και 20:00 ως 09:00 που είναι οι ώρες κοινής ησυχίας.
- Στο χρονοδιάγραμμα «**SceduleXeirourgeiaPeople**» που αφορά τους χώρους των χειρουργείων, ο συντελεστής λαμβάνει μη μηδενική τιμή στην διάρκεια 07:00 ως 14:00.
- Στο χρονοδιάγραμμα «**SceduleMhxanDwmaPeople**» που αφορά τους χώρους μηχανολογικών εγκαταστάσεων και το δώμα, ο συντελεστής λαμβάνει μια ελάχιστη μη μηδενική τιμή στην διάρκεια 08:00 ως 14:00.

Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
ScheduleCommonP	ScheduleOffIatrRad	SceduleXeirourgeiaI	SceduleKlinesPeopl	SceduleMhxanDwma
Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction
Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Until: 06:00	Until: 08:00	Until: 07:00	Until: 10:00	Until: 08:00
0.03	0.05	0	0.15	0
Until: 07:00	Until: 14:00	Until:09:00	Until:14:00	Until:14:00
0.05	0.1	0.1	0.1	0.05
Until: 14:00	Until: 17:00	Until: 12:00	Until: 24:00	Until: 24:00
0.08	0.05	0.1	0.15	0
Until: 17:00	Until: 20:00	Until: 16:00		
0.05	0.05	0.1		
Until: 21:00	Until: 24:00	Until: 24:00		
0.08	0.03	0		
Until: 24:00				
0.03				

Εκόνα 4.40: Χρονοδιαγράμματα Πυκνότητας Ανθρώπινης Υπαρξης

➤ **Χρονοδιαγράμματα Ανθρώπινης Δραστηριότητας**

Για τη δημιουργία των χρονοδιαγραμμάτων της Εικόνα 4.13, τέθηκαν οι τιμές 100, 200 και 150 (μονάδα μέτρησης Watt/person) που αντιστοιχούν στο επίπεδο ανθρώπινης δραστηριότητας (σύμφωνα με τον πίνακα ASHRAE 55, βλ. Παράρτημα Α).

Obj6	Obj7	Obj8
ScheduleCommonActivity	ScheduleKlinesActivity	ScheduleRestActivity
ActivityLevel	ActivityLevel	ActivityLevel
Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
200	100	150

Εικόνα 4.41: Χρονοδιαγράμματα ανθρώπινης δραστηριότητας

➤ **Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τεχνητού φωτισμού**

Η υποκατηγορία αυτή ορίστηκε και διαμορφώθηκε βάση της 24ωρης λειτουργίας του νοσοκομείου. Συνεπώς ο συντελεστής λαμβάνει τιμές μη μηδενικές και μεγιστοποιείται απο τις μεσημεριανές ώρες και μετά.

Obj9	Obj10	Obj11	Obj12	Obj13
ScheduleKlinesLights	ScheduleCommonLights	ScheduleOfflitrRadLights	ScheduleXeirourgeiaLights	ScheduleMhwanDwmaLigt
Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction
Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Until: 07:00	Until: 07:00	Until: 08:00	Until: 07:00	Until: 08:00
0.2	0.5	0.7	0.5	0.2
Until: 14:00	Until: 21:00	Until: 21:00	Until: 16:00	Until: 14:00
0.5	1	1	1	0.1
Until: 17:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
0.2	0.5	0.7	0.5	0.2
Until: 21:00				
1				
Until: 24:00				
0.2				

Εικόνα 4.42: Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τεχνητού φωτισμού

➤ **Χρονοδιαγράμματα αερισμού θερμικών ζωνών**

Οι ζώνες στις οποίες συμβαίνει φυσικός αερισμός (μέσω ανοιγμάτων) είναι τα δωμάτια και οι κοινόχρηστοι χώροι. Ο συντελεστής λοιπόν, λαμβάνει μη μηδενική τιμή το χρονικό διάστημα απο 10:00 ως 13:00 ενώ στους υπόλοιπους χώρους η τιμή είναι μηδενική.

Obj19	Obj20
ScheduleKlinesCommonVent	ScheduleRestVent
Fraction	Fraction
Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays
Until: 10:00	Until: 24:00
0	0
Until:13:00	
0.5	
Until: 24:00	
0	

Εικόνα 4.43: Χρονοδιάγραμμα φυσικού αερισμού θερμικών ζωνών

➤ **Χρονοδιάγραμμα διήθησης αέρα**

Χρησιμοποιήθηκε το προτεινόμενο χρονοδιάγραμμα Always On, που παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.16, σύμφωνα με το οποίο δηλώθηκε σταθερή διαφυγή αέρα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Obj14
Always On
Fraction
Through: 12/31
For: AllDays
Until: 24:00
1

Εικόνα 4.44: Χρονοδιάγραμμα διήθησης αέρα στις θερμικές ζώνες

➤ *Χρονοδιαγράμματα Λειτουργίας Συστήματος Θέρμανσης – Ψύξης*

Το κτίριο που στεγάζεται το Κέντρο Ημερήσιας Νοσηλείας, διαθέτει σύστημα ψύξης και θέρμανσης προκειμένου να διατηρούνται κατάλληλες συνθήκες για τους χρήστες. Η επιθυμητή θερμοκρασία στους εσωτερικούς χώρους -εκτός των χειρουργείων- είναι 25°C ενώ στους χώρους των χειρουργείων είναι 18°C.

Συνεπώς όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.17 ορίστηκαν τα εξής χρονοδιαγράμματα:

- Για τους χώρους των *χειρουργείων* ορίστηκε να ενεργοποιείται το σύστημα θέρμανσης (**ScheduleHeatingXeirourgeia**) στους 16°C και το σύστημα ψύξης (**ScheduleCoolingXeirourgeia**) στην θερμοκρασία των 18°C.
- Για τους *υπόλοιπους χώρους* (κλίνες, γραφεία, κοινόχρηστοι χώροι κ.α) ορίστηκε να ενεργοποιείται το σύστημα θέρμανσης (**ScheduleHeatingRestPlaces**) στους 24°C και το σύστημα ψύξης (**ScheduleCoolingRestPlaces**) στους 26°C.

Obj15	Obj16	Obj17	Obj18
ScheduleHeatingXeirourgeia	ScheduleCoolingXeirourgeia	ScheduleHeatingRestPlaces	ScheduleCoolingRestPlaces
Temperature 36	Temperature 11	Temperature 36	Temperature 11
Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
16	18	24	26

Εικόνα 4.45: Χρονοδιαγράμματα λειτουργίας συστημάτων κλιματισμού

4.4.6. Internal Gains

Τα θερμικά φορτία ή κέρδη που προκύπτουν σε ένα χώρο εξαρτώνται από τον αριθμό των ατόμων μέσα σε αυτόν, το ωράριο παραμονής τους στο χώρο και το είδος της δραστηριότητάς τους (θερμική ενέργεια που εκλύεται λόγω του μεταβολισμού). Επίσης, εξαρτώνται από τη λειτουργία του φωτισμού καθώς και το είδος, τον αριθμό και τον χρόνο λειτουργίας όλων των ηλεκτρικών συσκευών. Η κατηγορία που εξετάζει αυτές τις παραμέτρους ονομάζεται Internal Gains και συγκεκριμένα οι υποκατηγορίες «People», «Lights» και «Electric Equipment».

➤ *People*

Στην υποκατηγορία αυτή, προσδιορίζονται οι παράμετροι υπολογισμού των εσωτερικών θερμικών κερδών κάθε θερμικής ζώνης του νοσοκομείου, τα οποία προκύπτουν ως συνάρτηση τη ανθρώπινης δραστηριότητας. (Εικόνα 4.18)

- Στο πεδίο 'Name' συμπληρώνεται το όνομα του αντικειμένου
- Στο πεδίο 'Zone or Zone List Name' επιλέγεται από τη λίστα η ζώνη ή ομάδα θερμικών ζωνών που δημιουργήθηκαν σε παραπάνω κατηγορία
- Στο πεδίο 'Number of People Schedule Name' επιλέγεται το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα που έχει δημιουργηθεί για την πυκνότητα ανθρώπινης ύπαρξης
- Στο πεδίο 'People per Zone Floor Area' συμπληρώνεται ο εκτιμώμενος αριθμός ατόμων ανά τετραγωνικό μέτρο θερμικής ζώνης
- Το 'Fraction Radiant' αναφέρεται στο ποσοστό της θερμότητας που εκπέμπει ο κάθε χρήστης και τέθηκε η τιμή 0.25
- Στο πεδίο 'Activity Level Schedule Name' επιλέγεται το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα που έχει δημιουργηθεί για την ανθρώπινη δραστηριότητα.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		PeopleCommon	PeopleOfflatrRadio	PeopleMhxanDwma	PeopleKlines	PeopleXeirourgeia
Zone or ZoneList Name		Common	OfficelatreiaRadio	MhxanologikaDwma	Klines	Xeirourgeia
Number of People Schedule Name		ScheduleCommonP	ScheduleOfflatrRad	ScheduleMhxanDwrr	ScheduleKlinesPeopl	ScheduleXeirourgeial
Number of People Calculation Method		People/Area	People/Area	People/Area	People/Area	People
Number of People						12
People per Zone Floor Area	person/m2	0.1	0.1	0.03	0.1	
Zone Floor Area per Person	m2/person					
Fraction Radiant		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		ScheduleCommonAc	ScheduleRestActivity	ScheduleRestActivity	ScheduleKlinesActivi	ScheduleRestActivity
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s·W	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No	No	No	No	No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged
Surface Name/Angle Factor List Name						
Work Efficiency Schedule Name						
Clothing Insulation Calculation Method		ClothingInsulationSc	ClothingInsulationSc	ClothingInsulationSc	ClothingInsulationSc	ClothingInsulationSc
Clothing Insulation Calculation Method Schedule Name						
Clothing Insulation Schedule Name						

Εικόνα 4.46: Παράμετροι Υποκατηγορίας 'People'

➤ Lights

Η υποκατηγορία «Lights» παρέχει τη δυνατότητα καθορισμού όλων των πληροφοριών σχετικά με το σύστημα ηλεκτρικού φωτισμού μιας ζώνης, την ισχύ του και το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του. Στο πεδίο Schedule Name, δηλώθηκαν τα ονόματα των χρονοδιαγραμμάτων λειτουργίας του τεχνητού φωτισμού της εκάστοτε ζώνης, τα οποία αντλήθηκαν από την υποκατηγορία «Schedule:Compact». Στο πεδίο Watts Per Zone Floor Area, διαιρώντας την συνολική ισχύ των λαμπτήρων που λειτουργούν σε κάθε ζώνη με το αντίστοιχο εμβαδό, προέκυψαν οι παρακάτω τιμές για κάθε ζώνη.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		LightsCommon	LightsOfflatrRad	LightsKlines	LightsXeirourgeia	LightsMhxanDwma
Zone or ZoneList Name		Common	OfficelatreiaRadio	Klines	Xeirourgeia	MhxanologikaDwma
Schedule Name		ScheduleCommonLig	ScheduleOfflatrRadL	ScheduleKlinesLights	ScheduleXeirourgeial	ScheduleMhxanDwrr
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area
Lighting Level	W					
Watts per Zone Floor Area	W/m2	15	20	15	30	7
Watts per Person	W/person					
Return Air Fraction		0	0	0	0	0
Fraction Radiant		0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Fraction Visible		0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Fraction Replaceable		1	1	1	1	1
End-Use Subcategory		General	General	General	General	General
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature		No	No	No	No	No
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co						
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co	1/K					

Εικόνα 4.47: Παράμετροι Υποκατηγορίας 'Lights'

➤ *Electric Equipment*

Στην υποκατηγορία αυτή εξετάζονται τα εσωτερικά θερμικά κέρδη των ζωνών, παραγόμενα από τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών στους χώρους, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται τα σώματα κλιματισμού μέσα σε αυτές. Συγκεκριμένα ορίστηκαν πληροφορίες σχετικά με την λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών, την ισχύ τους και τα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τους.

Στην υποκατηγορία αυτή, επιλέχθηκε απο την βιβλιοθήκη του προγράμματος ένα υπάρχον χρονοδιάγραμμα.

Field	Units	Obj1
Name		189.1-2009 -
Zone or ZoneList Name		Nosokomeio
Schedule Name		Hospital
Design Level Calculation Method		Watts/Area
Design Level	W	
Watts per Zone Floor Area	W/m2	7.64237640E
Watts per Person	W/person	
Fraction Latent		
Fraction Radiant		
Fraction Lost		
End-Use Subcategory		

Εικόνα 4.48: Παράμετροι υποκατηγορίας *Electric Equipment*

4.4.7. Zone Air Flow

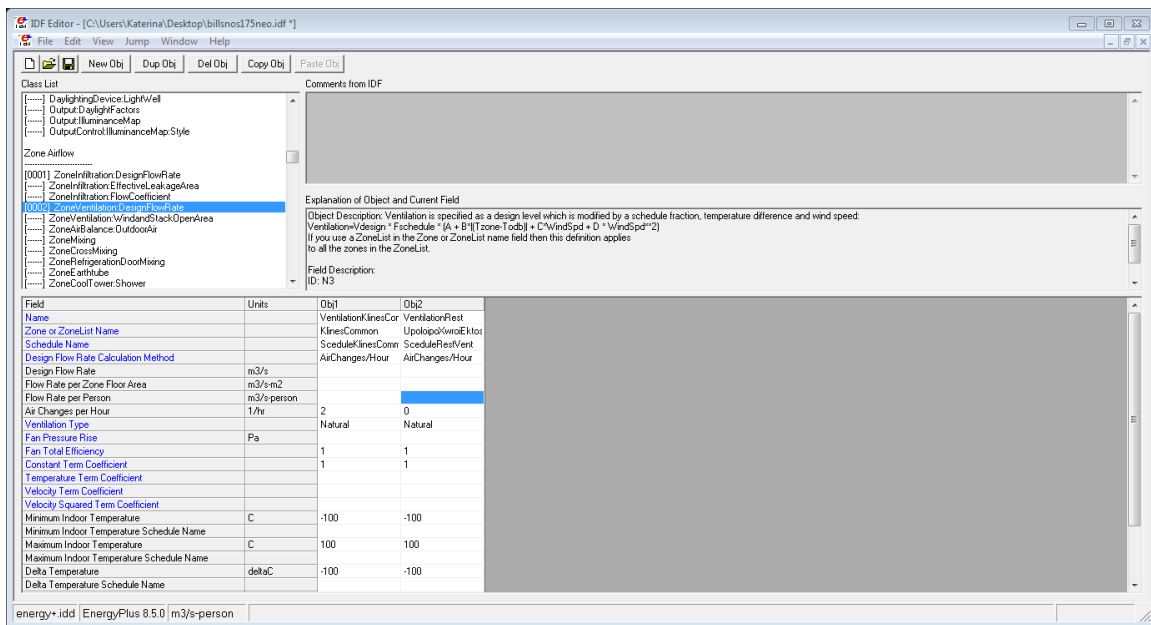
Ένα επίσης σημαντικό χαρακτηριστικό της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια είναι η ροή του αέρα μέσα σ' αυτά. Υπάρχουν δύο διαφορετικές μορφές αερισμού ενός κτιρίου, ο φυσικός και ο τεχνητός αερισμός.

Ο φυσικός αερισμός στηρίζεται είτε στην ακούσια ροή του αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον απευθείας σε μία θερμική ζώνη, χωρίς αυτό να είναι σκόπιμο (διήθηση - infiltration), είτε στην σκόπιμη ροή αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον απευθείας

σε μία θερμική ζώνη (άμεσος αερισμός - ventilation). Τα στοιχεία αυτά περιγράφονται στην κατηγορία αντικειμένων Zone AirFlow.

➤ *ZoneVentilation:DesignFlowRate*

Στην υποκατηγορία αυτή, όπως παρουσιάζεται και στην Εικόνα 4.21, ορίζονται οι παράμετροι του άμεσου αερισμού, ο οποίος προκαλείται λόγω των ανοικτών παραθύρων και άλλων σχεδιασμένων σημείων εισόδου και εξόδου που έχουν σκοπό την εισαγωγή φρέσκου αέρα στο εσωτερικό ενός κτιρίου. Στην εξεταζόμενη περίπτωση, στα απαιτούμενα πεδία συμπληρώθηκαν το όνομα, η θερμική ζώνη ή η ομάδα θερμικών ζωνών στην οποία γίνεται ο αερισμός, το χρονοδιάγραμμα αερισμού της εκάστοτε θερμικής ζώνης ή ομάδας θερμικών ζωνών, οι εναλλαγές του αέρα ανά ώρα (Air Changes per Hour), ο τύπος του αερισμού (Ventilation Type), καθώς και οι προτεινόμενες από το πρόγραμμα τιμές της ελάχιστης και μέγιστης εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας και ταχύτητας ανέμου (Maximum/Minimum Indoor Temperature, Maximum/Minimum Outdoor Temperature, Wind Speed).



Εικόνα 4.49: Παράμετροι υποκατηγορίας ZoneVentilation:DesignFlowRate

Στο πεδίο Air Changes per Hour δηλώθηκε ο αριθμός n των εναλλαγών του αέρα για κάθε ζώνη στην οποία πραγματοποιείται φυσικός αερισμός. Ο αριθμός αυτός δίνει την εναλλαγή αέρα στον χώρο ως πολλαπλάσιο του όγκου του χώρου ανά ώρα. Ένας αριθμός εναλλαγών του αέρα ίσος με 2 σημαίνει ότι μέσα σε μία ώρα εισέρχεται στο χώρο ένας όγκος νωπού αέρα ίσος με το διπλάσιο του όγκου του χώρου. Στη συγκεκριμένη κατηγορία ορίστηκαν 2 objects. Το πρώτο αναφέρεται στο σύνολο των κλινών και τον κοινόχρηστων χώρων του νοσοκομείου (χρησιμοποιήθηκε η zonelist 'VentilationKlinesCommon') όπου όπως προαναφέρθηκε υπάρχει φυσικός αερισμός και το δεύτερο αναφέρεται στους υπόλοιπους χώρους (χρησιμοποιήθηκε η zonelist 'VentilationRest') όπου τα ανοίγματα παραμένουν πάντα κλειστά. Στους χώρους των κλινών τέθηκε $n=2$ αριθμός που δηλώνει επαρκή αερισμό.

Τέλος, στο πεδίο Ventilation Type συμπληρώθηκε η επιλογή Natural, καθώς εξετάζεται ο φυσικός αερισμός του κτιρίου.

➤ *ZoneInfiltration:DesignFlowRate*

Στην υποκατηγορία αυτή, περιγράφεται ο αθέλητος αερισμός, δηλαδή ο έμμεσος αερισμός, που προέρχεται είτε από τα κουφώματα είτε από το κλείσιμο ή το άνοιγμα των παραθύρων.

Στο πεδίο *Zone or Zone list* έχει τεθεί το όνομα της ομάδας 'NosokomeioKourkoulos' η οποία συμπεριλαμβάνει όλο το σύνολο των θερμικών ζωνών του κτιρίου, καθώς θεωρήθηκε ότι πραγματοποιείται σταθερή και συνεχόμενη διήθηση αέρα σε όλο το κέλυφος του κτιρίου.

Στο πεδίο Schedule Name εισήχθη το σταθερό χρονοδιάγραμμα διήθησης του χρονοδιαγράμματος που έχει ορισθεί στην υποκατηγορία «Schedule:Compact».

Τέλος, στο πεδίο Air Changes per Hour εκτιμήθηκε ο αριθμός των εναλλαγών του αέρα ανά ώρα, $n=0.5$.

The screenshot shows a software interface for configuring 'Zone Airflow' parameters. The 'Zone Infiltration: Design Flow Rate' parameter is selected, and its details are displayed in a table below. The table includes fields such as 'Name', 'Units', and 'Obj1', along with specific values for 'Design Flow Rate', 'Air Changes per Hour', and various coefficients.

Field	Units	Obj1
Name		InfiltrationNosokomeio
Zone or ZoneList Name		NosokomeioKourkoulos
Schedule Name		Always On
Design Flow Rate Calculation Method		AirChanges/Hour
Design Flow Rate	m3/s	
Flow per Zone Floor Area	m3/s-m2	
Flow per Exterior Surface Area	m3/s-m2	
Air Changes per Hour	1/hr	0.5
Constant Term Coefficient		1
Temperature Term Coefficient		0
Velocity Term Coefficient		0
Velocity Squared Term Coefficient		0

Εικόνα 4.50: Παράμετροι υποκατηγορίας ZoneInfiltration:DesignFlowRate

4.4.8. HVAC Templates

Η κατηγορία αυτή σχετίζεται με τη λειτουργία των συστημάτων ψύξης – θέρμανσης και κλιματισμού σε ένα χώρο. Για τον προσδιορισμό ενός απλού ιδανικού συστήματος ψύξης – θέρμανσης και κλιματισμού διατίθενται οι υποκατηγορίες «HVACTemplate:Thermostat» και «HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem».

Ο χρήστης πρακτικά ορίζει ένα ιδανικό σύστημα το οποίο λειτουργεί με θερμοστάτη, θέτοντας το σε λειτουργία όταν οι θερμοκρασίες στο χώρο ξεπεράσουν τα θερμοκρασιακά όρια που έχει ορίσει.

➤ ***HVACTemplate:Thermostat***

Στην υποκατηγορία αυτή, ορίζεται η λειτουργία του συστήματος θέρμανσης-ψύξης. Δημιουργήθηκε ένα αντικείμενο για τα χειρουργεία με όνομα **‘SetpointThermostatXeirourgeia’** και ένα αντικείμενο για τους υπόλοιπους χώρους με όνομα **‘SetpointThermostatRest’** τα οποία χρησιμοποιούν τα χρονοδιαγράμματα που έχουν ήδη δημιουργηθεί στην κατηγορία **‘Schedule:Compact’** ειδικά για τον κλιματισμό, για θέρμανση και ψύξη, στα αντίστοιχα πεδία.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		SetpointThermostat	SetpointThermostat1
Heating Setpoint Schedule Name		ScheduleHeatingXeir	ScheduleHeatingRes
Constant Heating Setpoint	C		
Cooling Setpoint Schedule Name		ScheduleCoolingXeir	ScheduleCoolingRes
Constant Cooling Setpoint	C		

Εικόνα 4.51: Παράμετροι υποκατηγορίας *HVACTemplate:Thermostat*

➤ ***HVAC Template: Zone: Ideal Loads Air System***

Σ’ αυτήν την υποκατηγορία ορίζεται το ιδανικό σύστημα κλιματισμού που αντιστοιχεί σε κάθε μια από τις 26 θερμικές ζώνες. Στο πεδίο **‘Template Thermostat Name’** δηλώθηκε το όνομα του πρότυπου θερμοστάτη, το οποίο ορίστηκε στην υποκατηγορία **‘HVACTemplate:Thermostat’**.

Class List

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Zone with ideal air system that meets heating or cooling loads

Field Description: Zone relative humidity setpoint in percent (0 to 100)

ID: NT1

Default: 30

Range: 0 <= X <= 100

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9
Zone Name		T z 16 - 2os xeiourgeia	T z 1 - 3o ypogeio	T z 10 - isogeio radio	T z 11 - 1os iatrea	T z 12 - 1os commo	T z 13 - 1os grafia	T z 14 - 2os commo	T z 15 - 2os grafia	T z 17
Template Thermostat Name		SetpointThermostatXeiourgeia	SetpointThermostatRest	SetpointThermostatRest	SetpointThermostat	SetpointThermostat	SetpointThermostat	SetpointThermostat	SetpointThermostat	SetpointThermostat
System Availability Schedule Name										
Maximum Heating Supply Air Temperature	C	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Minimum Cooling Supply Air Temperature	C	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Maximum Heating Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryA	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156	0.015
Minimum Cooling Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryA	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.0077	0.007
Heating Limit		NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLin
Maximum Heating Air Flow Rate	m3/s									
Maximum Sensible Heating Capacity	W									
Cooling Limit		NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLin
Maximum Cooling Air Flow Rate	m3/s									
Maximum Total Cooling Capacity	W									
Heating Availability Schedule Name										
Cooling Availability Schedule Name										
Dehumidification Control Type		ConstantSensibleHeatRatio	ConstantSensibleHeatRatio	ConstantSensibleHeatRatio	ConstantSensibleHe	ConstantSensibleHe	ConstantSensibleHe	ConstantSensibleHe	ConstantSensibleHe	Const
Cooling Sensible Heat Ratio	dimensionless	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Dehumidification Setpoint	percent	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Humidification Control Type		None	None	None	None	None	None	None	None	None
Humidification Setpoint	percent	30	30	30	30	30	30	30	30	30

energy*.idd | EnergyPlus 8.5.0 | percent | 30

Εικόνα 4.52: Παράμετροι υποκατηγορίας HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem

4.5. Αποτελέσματα Προσομοίωσης

Για την εξαγωγή αποτελεσμάτων από την ενεργειακή προσομοίωση ο χρήστης καλείται να καθορίσει στην κατηγορία Output:Reporting, του υποπρογράμματος IDF Editor του Energy Plus, τα αρχεία εξόδου και συνεπώς τις πληροφορίες που επιθυμεί να αντλήσει.

Στην συγκεκριμένη μελέτη επιθυμούμε την εξαγωγή των εξής αποτελεσμάτων:

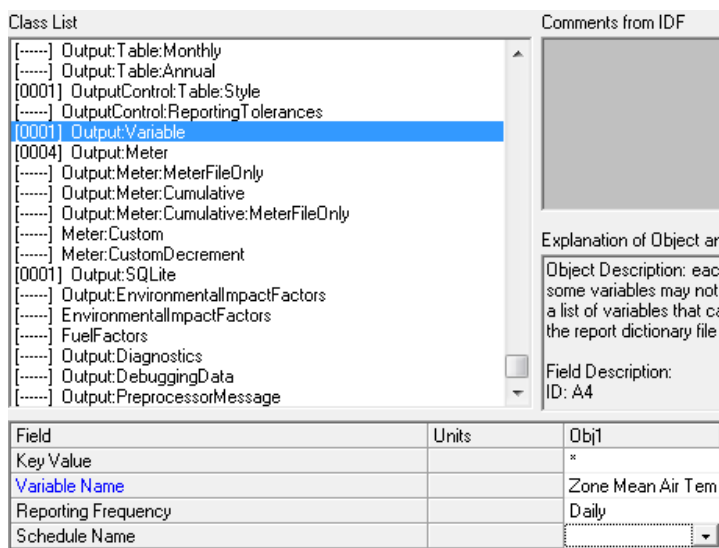
- ✓ **μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες** της εκάστοτε θερμικής ζώνης του κτιρίου χωρίς τη χρήση κλιματιστικών
- ✓ **κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας** από το σύστημα κλιματισμού του κτιρίου για την ψύξη και τη θέρμανση των επιμέρους θερμικών ζωνών

- ✓ **συνολικές μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας** (καταναλώσεις του συστήματος κλιματισμού, του συστήματος φωτισμού και των ηλεκτρικών συσκευών) σε KWh όλου του κτιρίου

➤ **Output:Variable**

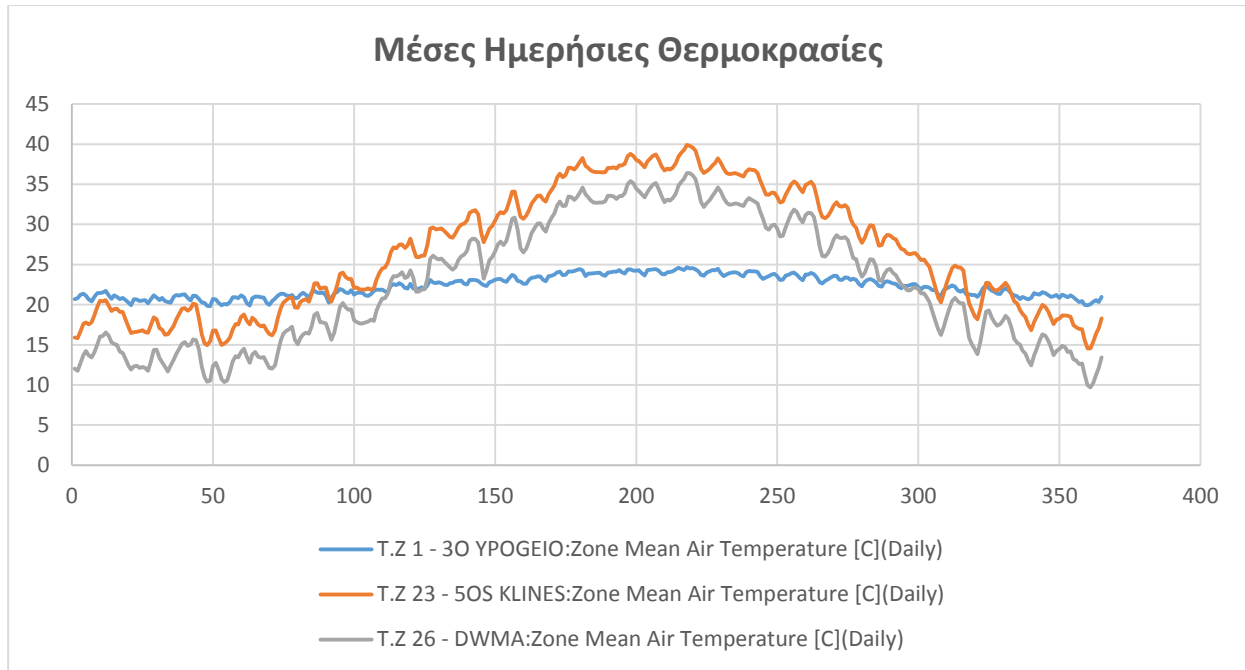
Η υποκατηγορία αυτή χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του μεγέθους για το οποίο ο χρήστης ζητεί να λάβει γνώσεις σχετικά με τις θερμοκρασίες θερμικών ζωνών, τις συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος και το χρονικό βήμα εμφάνισης τους (ωριαίως, μηνιαίως, ετησίως).

Προκειμένου να εξαχθούν αποτελέσματα σχετικά με τις **μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες** της εκάστοτε θερμικής ζώνης του ξενοδοχείου χωρίς τη χρήση κλιματιστικών, στο πεδίο Variable Name επιλέχθηκε η παράμετρος Zone Mean Air Temperature και στο πεδίο Reporting Frequency επιλέχθηκε η παράμετρος Daily. Το σύμβολο (*) στο πεδίο Key Value έχει τεθεί για να επιτρέπει την επιλογή όλων των παραμέτρων που διατίθενται από το πεδίο Variable Name.



Εικόνα 4.53: Υποκατηγορία Output:Variable

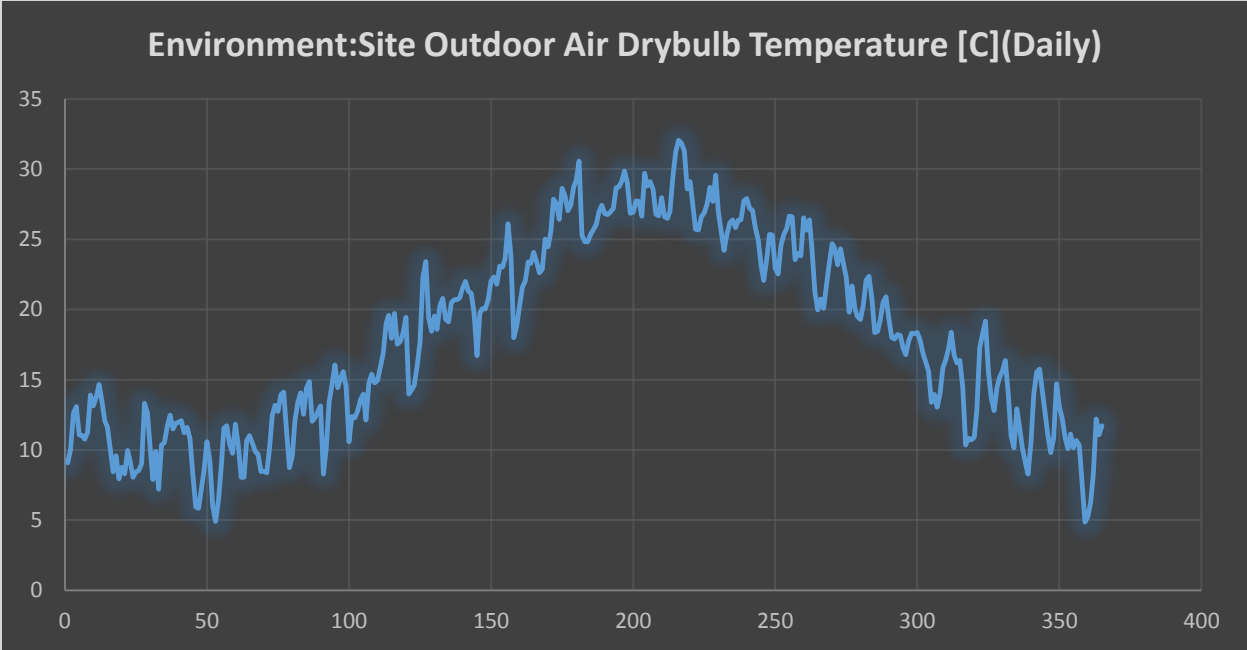
Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης προσομοίωσης για τρεις διαφορετικές θερμικές ζώνες του νοσοκομείου παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.26.



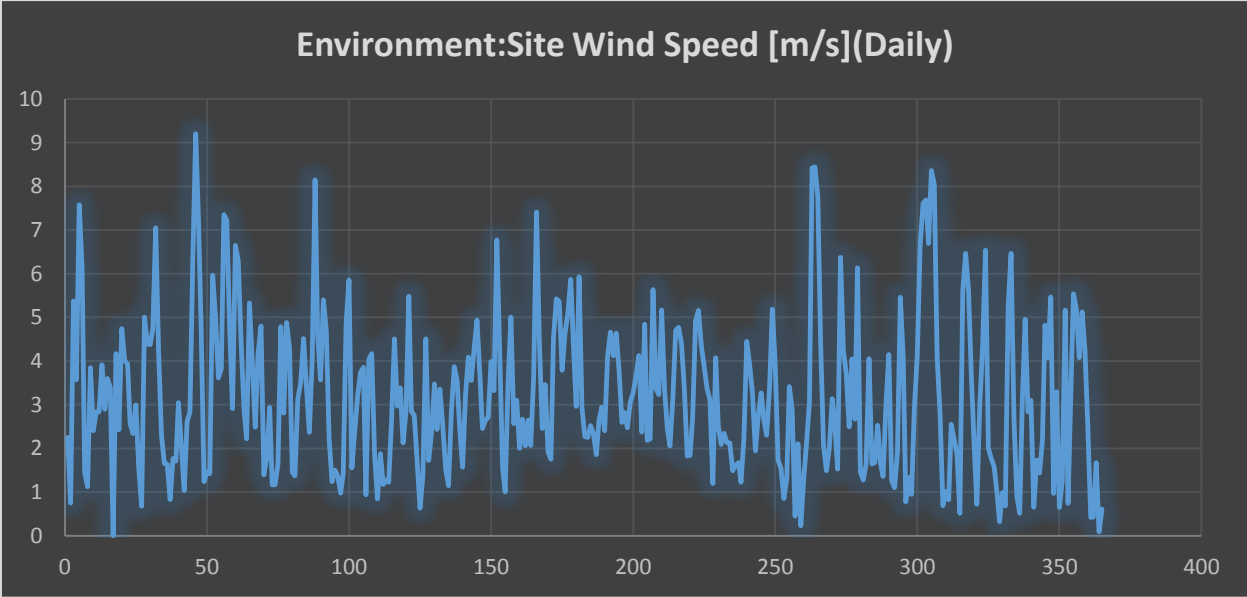
Εικόνα 4.54: Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες στις θερμικές ζώνες 3ο ΥΠΟΓΕΙΟ - 5ος ΚΛΙΝΕΣ - DWMA

Παρατηρούμε πως στο 3^ο υπόγειο του κτιρίου η θερμοκρασίες δεν παρουσιάζουν σημαντικές αυξομειώσεις κατά την διάρκεια του χρόνου, γεγονός απόλυτα λογικό και αποδεκτό εφόσον το υπόγειο έχει την ιδιότητα να είναι πιο δροσερό το καλοκαίρι και πιο θερμό τον χειμώνα.

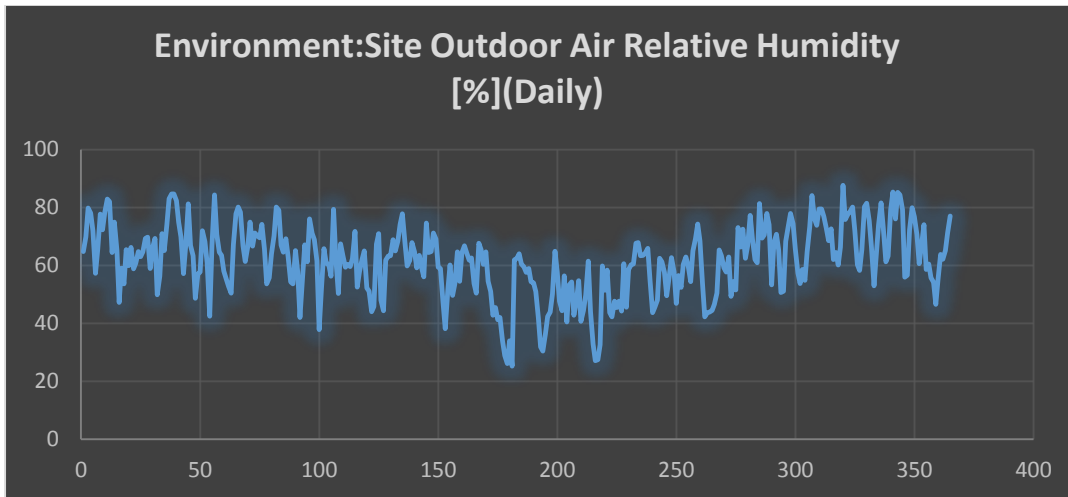
Στην συνέχεια, εξήχθησαν αποτελέσματα σχετικά με τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος, όπως η ταχύτητα του ανέμου, η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία του αέρα τα οποία παρουσιάζονται στα σχετικά διαγράμματα.



Εικόνα 4.55: Θερμοκρασίες Εξωτερικού Αέρα



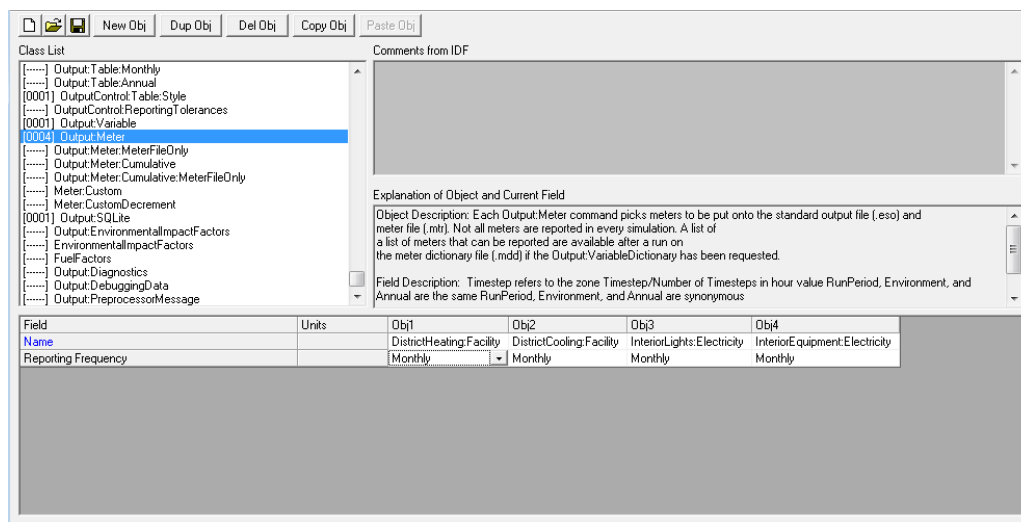
Εικόνα 4.56: Ταχύτητες Ανέμου



Εικόνα 4.57: Ποσοστά Σχετικής Υγρασίας Αέρα

➤ **Output: Meter**

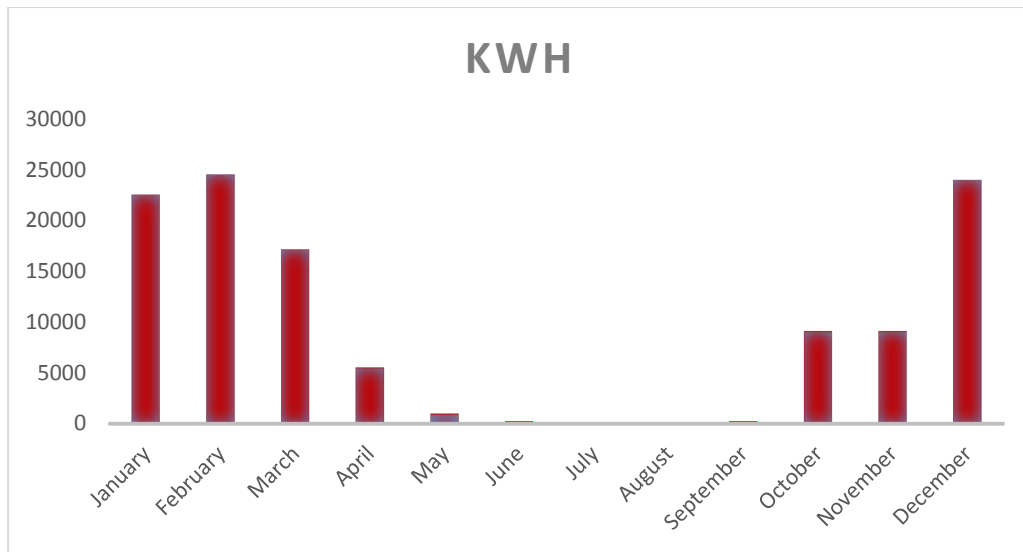
Με αυτή την υποκατηγορία επιλέγουμε τα αποτελέσματα που θα εξαχθούν για τις ενεργειακές καταναλώσεις. Δημιουργήθηκαν τέσσερα αντικείμενα για τις ενεργειακές καταναλώσεις και πιο συγκεκριμένα στο πεδίο ‘Name’ επιλέχθηκαν τα ‘District Heating: Facility’, ‘District Cooling: Facility’, ‘Interior Lights: Electricity’ και ‘Interior Equipment: Electricity’ στο αντίστοιχο αντικείμενο. Προκειμένου να εξαχθούν μηνιαίες καταναλώσεις, επιλέχθηκε το ‘Monthly’ στο πεδίο ‘Reporting Frequency’.



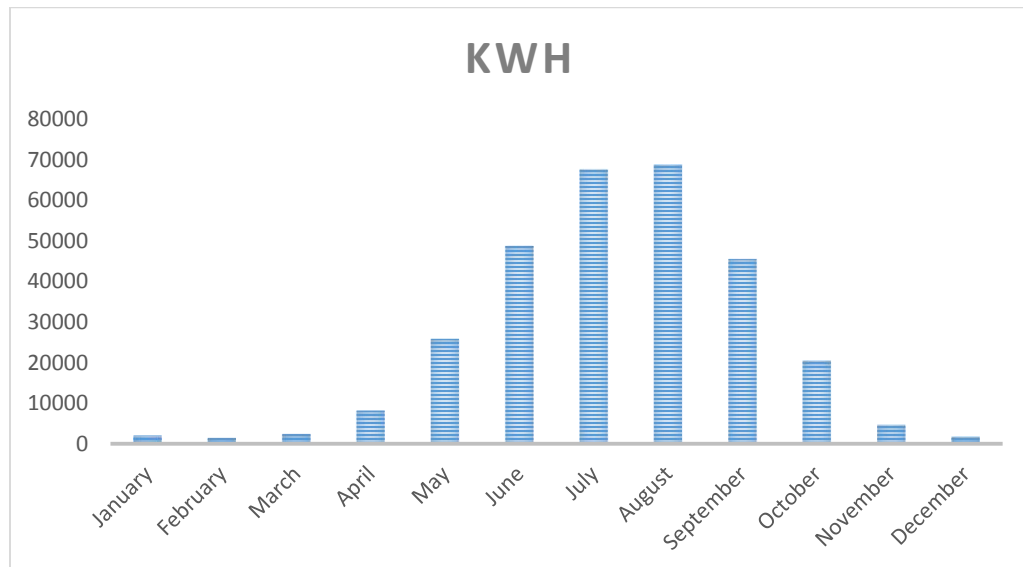
Εικόνα 4.58: Παράμετροι Υποκατηγορίας ‘Output: Meter’

Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητο να αναφερθεί ότι κατά την προσομοίωση οι καταναλώσεις ενέργειας που προκύπτουν έχουν μονάδα μέτρησης τα Joules (J). Ωστόσο για τη μελέτη των αποτελεσμάτων κρίθηκε εύλογη η μετατροπή της μονάδας μέτρησης σε κιλοβατώρες (KWh), όπου $1 \text{ J} = 2.77777778$.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα στις Εικόνες 4.31 και 4.32.



Εικόνα 4.59: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας για την Θέρμανση του Κτιρίου



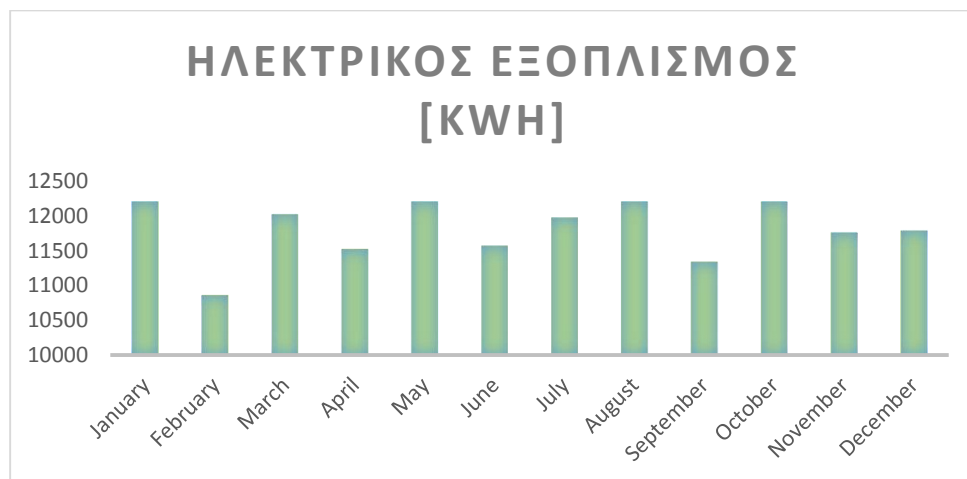
Εικόνα 4.60: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας για την ψύξη του Κτιρίου

Όπως παρατηρούμε στο διάγραμμα των μηνιαίων καταναλώσεων λόγω ψύξης του κτιρίου, παρουσιάζονται ελάχιστες καταναλώσεις και τους χειμερινούς μήνες. Αυτό είναι απόλυτα αποδεκτό διότι στην θερμική ζώνη των χειρουργείων επιθυμούμε να επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες 16°C έως 18°C.

Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, οι θερμοκρασίες στην συγκεκριμένη θερμική ζώνη κυμαίνονται μεταξύ 17°C και 21°C. Συνεπώς το σύστημα ψύξης αναγκάζεται να ενεργοποιηθεί.

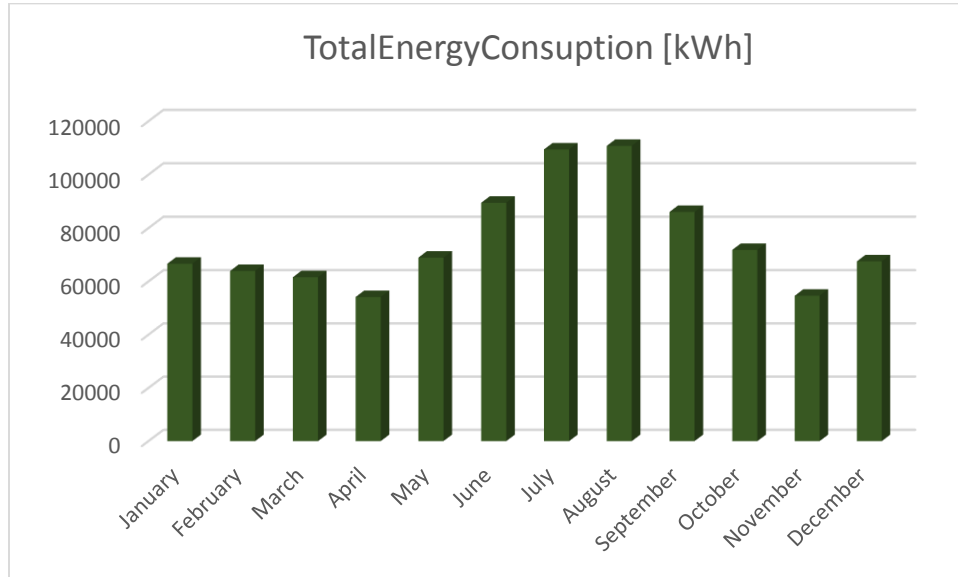


Εικόνα 4.61: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Τεχνητού Φωτισμού

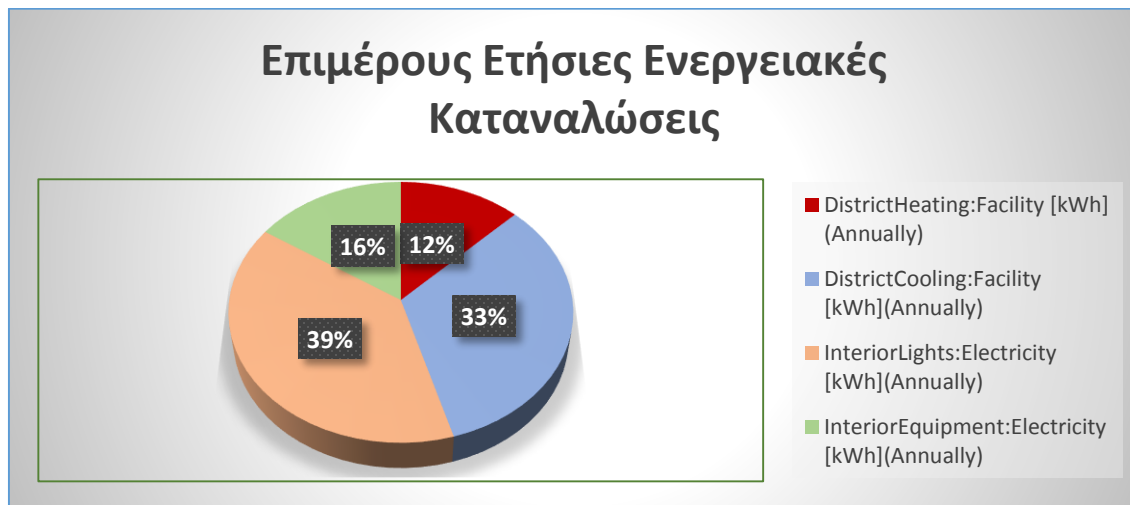


Εικόνα 4.62: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Ηλεκτρικού Εξοπλισμού

Ακολουθώς παρουσιάζεται η συνολικές μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας του κτιρίου καθώς επίσης οι επιμέρους ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, τεχνητό φωτισμό και ηλεκτρικό εξοπλισμό.



Εικόνα 4.63 : Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Κτιρίου (kWh)



Εικόνα 4.64: Επιμέρους Ετήσιες Καταναλώσεις Ενέργειας για Θέρμανση, Ψύξη, Τεχνητό Φωτισμό και Ηλεκτρικό Εξοπλισμό (kWh)

Σύμφωνα με τον πίνακα τιμολογίων της Δ.Ε.Η η τιμή της κιλοβατώρας (kWh) κατά το έτος 2016 ανέρχεται σε 0,08259 €.

Συνεπώς παρακάτω παρουσιάζεται το συνολικό κόστος κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου.

Μήνες	Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας [kWh]	Κόστος (€)
Ιανουάριος	66658.06127	5505.289281
Φεβρουάριος	63944.34423	5281.16339
Μάρτιος	61593.79756	5087.031741
Απρίλιος	54165.90226	4473.561868
Μαΐος	68939.26067	5693.693539
Ιούνιος	89477.58031	7389.953358
Ιούλιος	109426.1635	9037.506845
Αύγουστος	110786.049	9149.819784
Σεπτέμβριος	86032.4472	7105.419814
Οκτώβριος	71828.72266	5932.334205
Νοέμβριος	54635.23322	4512.323912
Δεκέμβριος	67529.76259	5577.283092
Σύνολο	905017.3245	74745.38083 €

Εικόνα 4.65 : Συνολικές Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας Κτιρίου και Αντίστοιχο Κόστος

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για την υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου κρίνεται αναγκαία η πρόταση ορισμένων πιθανών επεμβάσεων για την μείωση των θερμικών φορτίων του και εν γένει τόσο για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του όσο και για την μείωση του κόστους των καταναλώσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για την υφιστάμενη κατάσταση του νοσοκομείου προτείνονται παρακάτω ορισμένες πιθανές επεμβάσεις με σκοπό την μείωση των θερμικών φορτίων και εν γένει τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου όπως αναφέρθηκε στο τέλος του προηγούμενου κεφαλαίου. Στην συνέχεια αξιολογείται η αποτελεσματικότητα των επεμβάσεων αυτών συγκρίνοντας τα αποτελέσματα εφαρμογής τους με τα αντίστοιχα που προέκυψαν κατά την αρχική προσομοίωση του νοσοκομείου.

Για κάθε μία πιθανή επέμβαση προτείνονται συγκεκριμένα συστήματα για την εφαρμογή της, υπολογίζεται το αντίστοιχο κόστος της και εκτιμάται ο χρόνος απόσβεσης του κόστους αυτού.

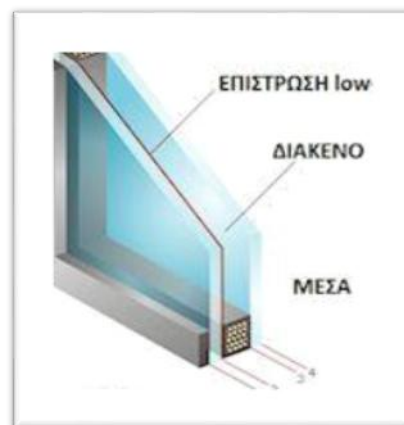
Οι επεμβάσεις αυτές είναι:

- προσθήκη υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής
- αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με ενεργειακούς λαμπτήρες LED
- προσθήκη θερμομόνωσης
- προσθήκη θερμοπρόσοψης

5.2. Τοποθέτηση Υαλοπινάκων Χαμηλής Εκπομπής (Low-emissivity)

Οι «Ενεργειακοί Υαλοπίνακες» έχουν την ικανότητα να δυσχεραίνουν την εκπομπή της θερμότητας από την θερμότερη προς την ψυχρότερη πλευρά, γι' αυτό αποκαλούνται υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (Low-E). Η ικανότητά τους αυτή συντελεί στην διατήρηση της επιθυμητής θερμότητας τον χειμώνα εντός του κτιρίου και το καλοκαίρι την θερμότητα του εξωτερικού περιβάλλοντος εκτός του κτιρίου, εξοικονομώντας ενέργεια (για την θέρμανση ή τον κλιματισμό του χώρου, αντίστοιχα).

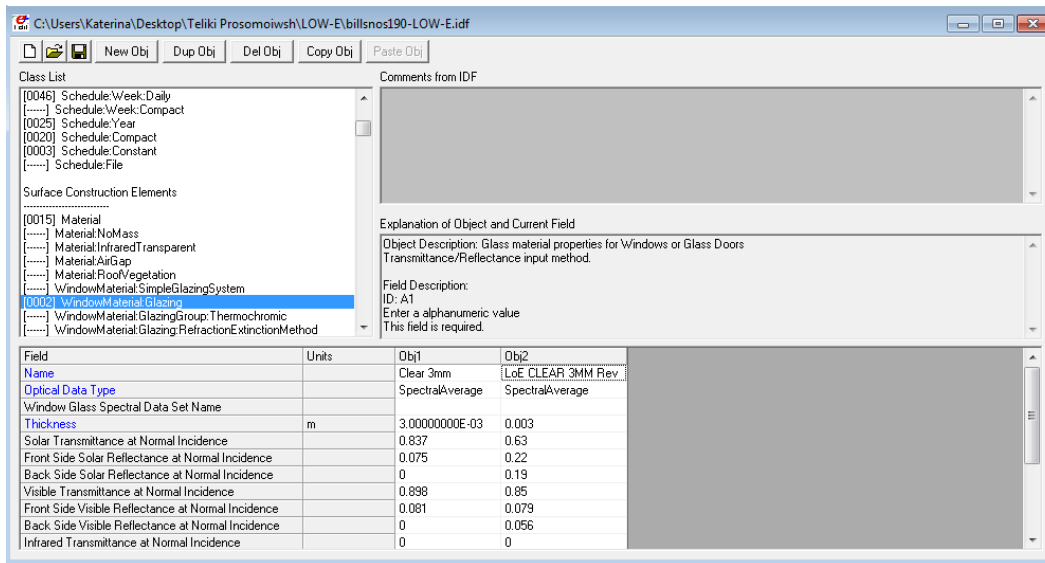
Η ιδιότητα αυτή των «Ενεργειακών Υαλοπινάκων» λειτουργεί σε όλες τις καιρικές συνθήκες (συννεφιά ή λιακάδα), όλες τις ώρες (ημέρα και νύκτα), όλες τις ημέρες του χρόνου (χειμώνα και καλοκαίρι).



Εικόνα 5.1 : Ενεργειακοί υαλοπίνακες
(<http://www.practikal.gr/images/low-e1.jpg>)

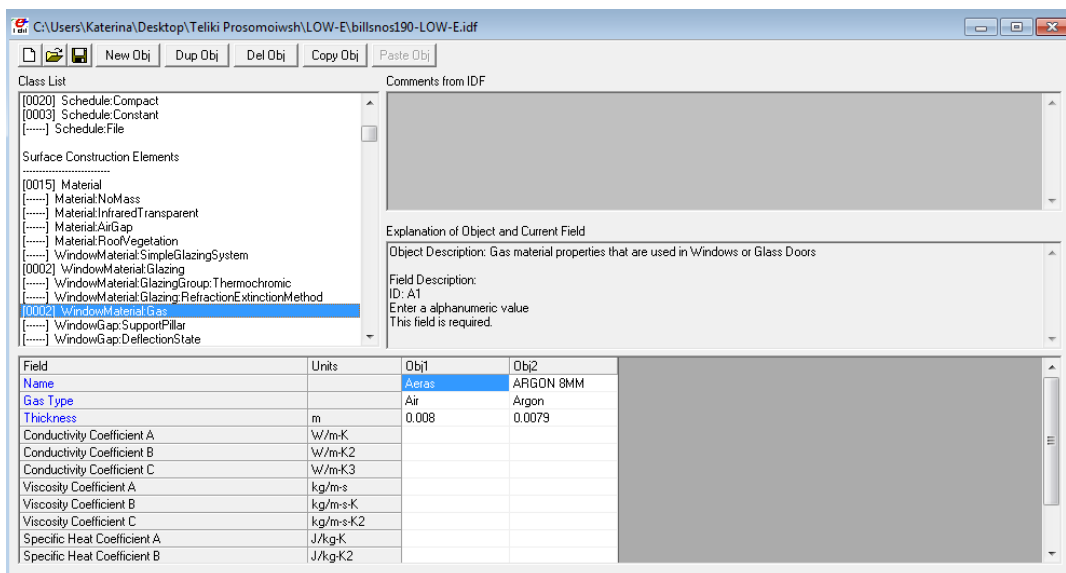
5.2.1. Εισαγωγή Παραμέτρων Προσομοίωσης

Για την εισαγωγή των υαλοπινάκων αυτών προστέθηκε στην υποκατηγορία WindowMaterial:Glazing ένα νέο αντικείμενο με τα χαρακτηριστικά τους, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.1 τα οποία λήφθηκαν έτοιμα από τη βιβλιοθήκη αρχείων (DataSet) που διαθέτει το Energy Plus, όπου υπάρχει συγκεκριμένο παράδειγμα εισαγωγής υλικών παραθύρου (το WindowGlassMaterials.idf) και το οποίο περιέχει τα συγκεκριμένα παράθυρα χαμηλής εκπομπής πάχους 3mm που χρησιμοποιήθηκαν (LoE CLEAR 3MM Rev).



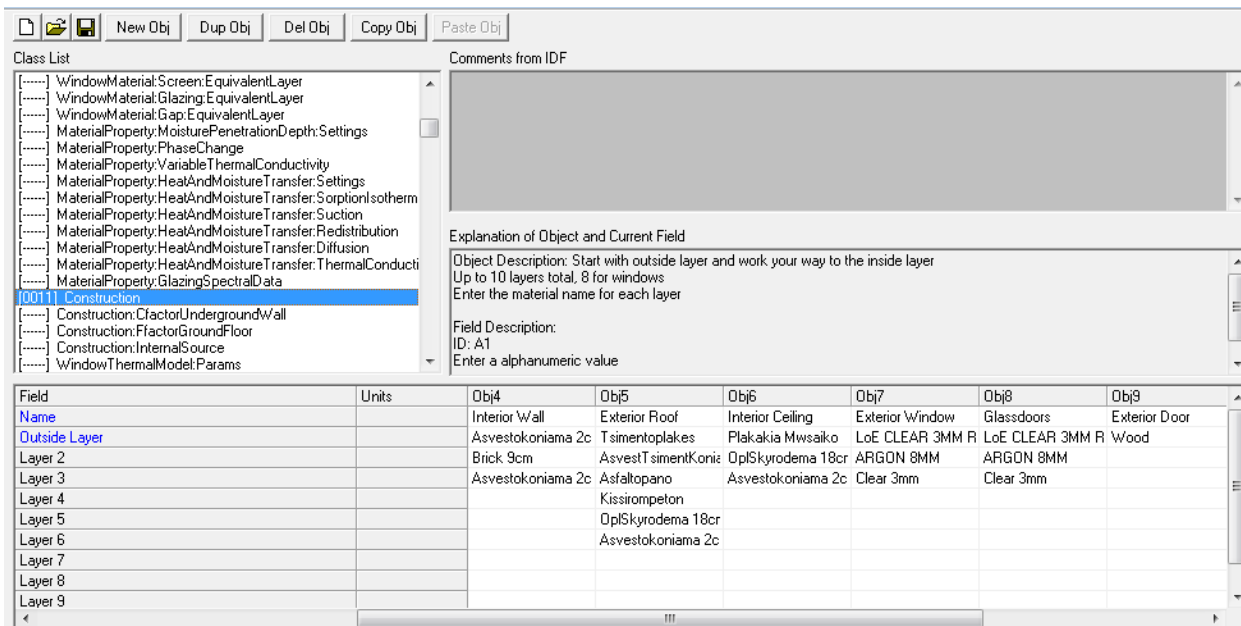
Εικόνα 5.2: Χαρακτηριστικά υαλοπινάκων Low-emissivity (χαμηλής εκπομπής)

Στην συνέχεια, στην κατηγορία ‘WindowMaterial:Gas’ επιλέχτηκε (από τη βιβλιοθήκη (DataSet) του Energy Plus) το ευγενές αέριο Αργό (ARGON 8MM) μαζί με τα χαρακτηριστικά του, τα οποία προστέθηκαν σε νέο αντικείμενο (object 2), όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.2 που θα παρεμβάλλεται μεταξύ των παραπάνω υαλοπινάκων ούτως ώστε να ενισχυθούν οι μονωτικές ιδιότητες τους.



Εικόνα 5.3 : Χαρακτηριστικά υλικού πλήρωσης του κενού χώρου μεταξύ υαλοπινάκων

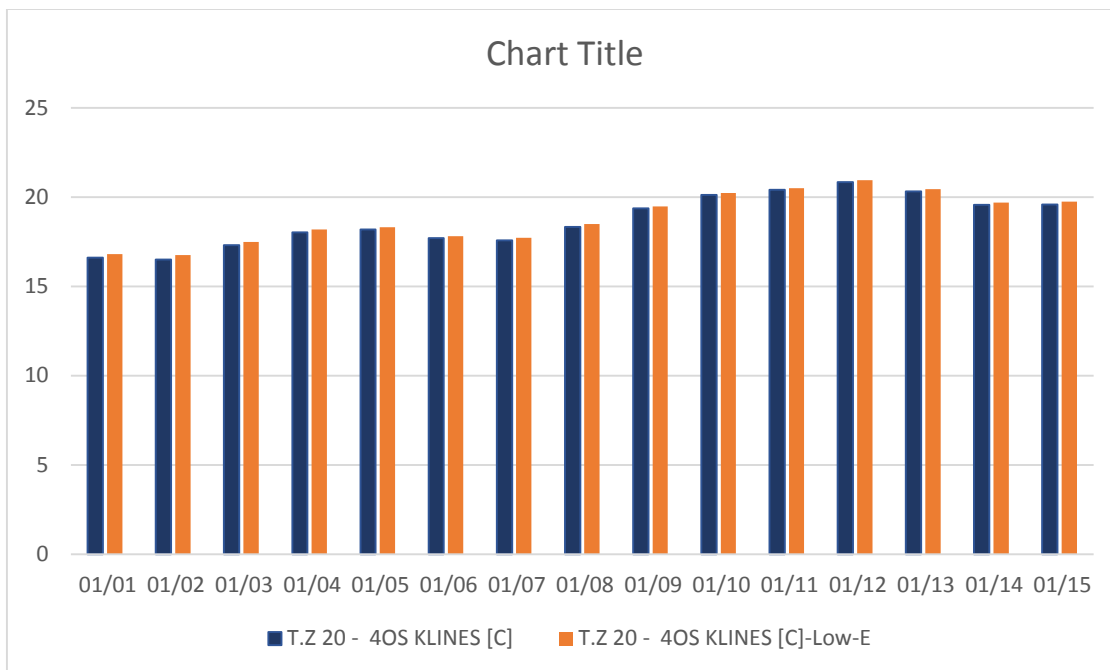
Στην υποκατηγορία ‘Construction’ δηλώθηκε η νέα δομή των εξωτερικών παραθύρων στα ήδη υπάρχοντα αντικείμενα με όνομα ‘Exterior Window’ και ‘Glassdoors’ όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.3. Ο ενεργειακός υαλοπίνακας τοποθετήθηκε μόνο στο εξωτερικό των παραθύρων ώστε να περιορίσει την ποσότητα του υπεριώδους και του υπέρυθρου φωτός που μπορεί να περάσει μέσα από γυαλί ενώ αντιθέτως στο εσωτερικό τοποθετήθηκε απλό τζάμι για να επιτρέπει τη θερμότητα να εξέρχεται από το εσωτερικό προς το εξωτερικό περιβάλλον.



Εικόνα 5.4: Δομή εξωτερικών παραθύρων μετά την τοποθέτηση υαλοπινάκων Low-emissivity

5.2.2. Αποτελέσματα Προσομοίωσης

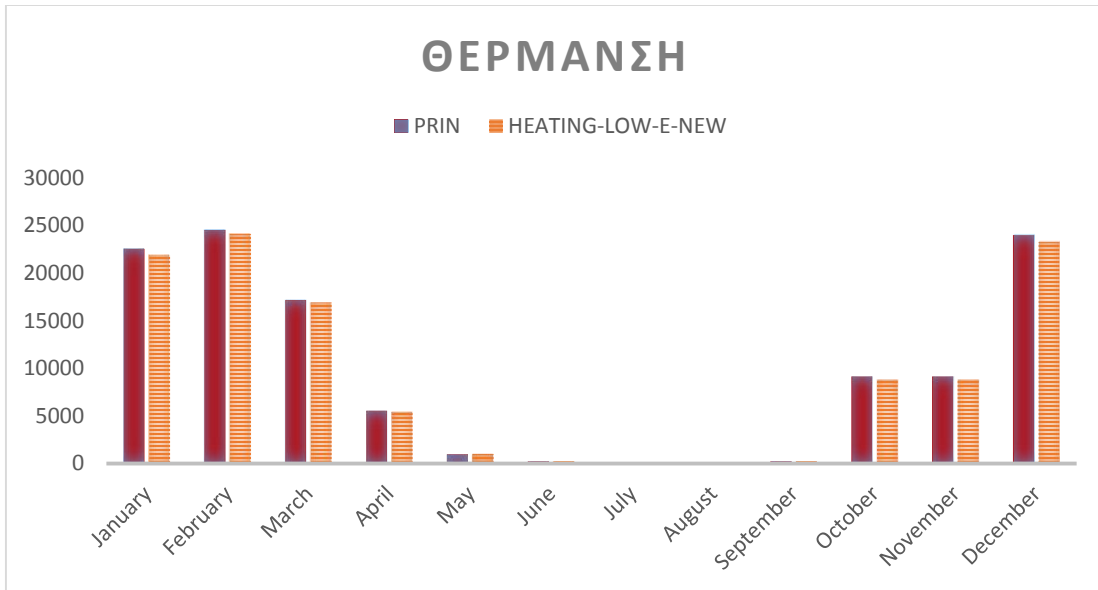
Για να αξιολογηθεί η θερμοκρασιακή βελτίωση που επιφέρει αυτή η πρόταση, συγκρίθηκαν, για την ίδια θερμική ζώνη (T.z 20 – 4ος KILINES), οι ημερήσιες θερμοκρασίες το πρώτο δεκαπενθήμερο του Ιανουαρίου πριν και μετά την τοποθέτηση των υαλοπινάκων Low-E χωρίς τη λειτουργία του κλιματισμού.



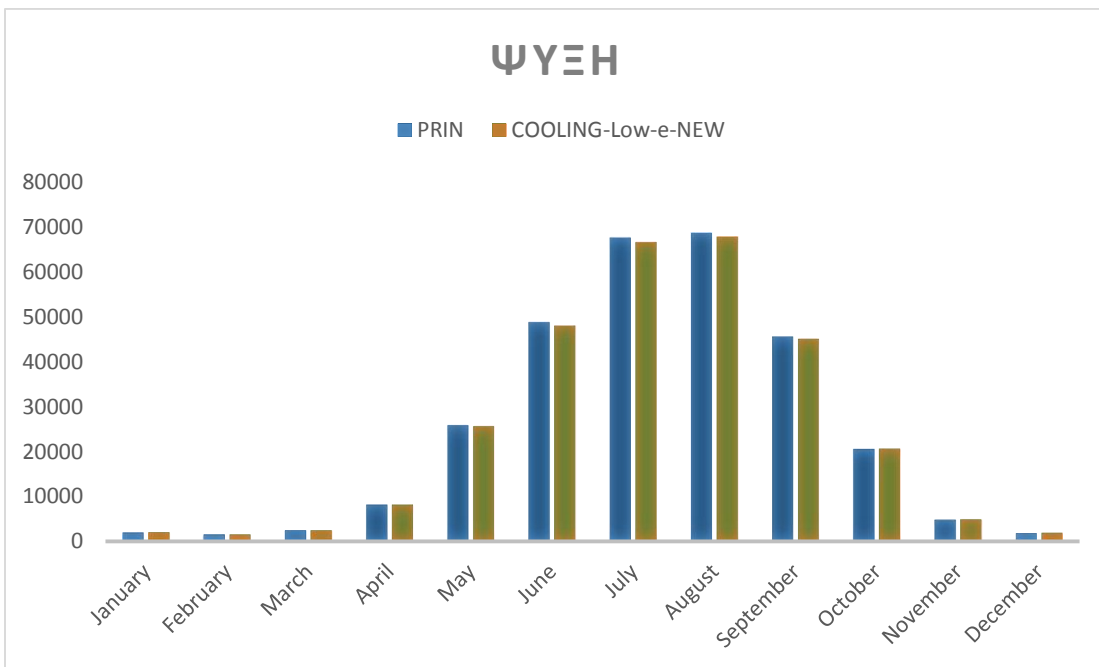
Εικόνα 5.5: Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες πριν και μετά την τοποθέτηση Υαλοπινάκων Low-E

Παρατηρούμε πως μετά την τοποθέτηση υαλοπινάκων Low-E, οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες της ζώνης που επιλέχθηκε παρουσιάζουν ελαφριά άνοδο τους χειμερινούς μήνες γεγονός που θα οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας λόγω θέρμανσης.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι συνολικές μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας για ψύξη και θέρμανση πριν και μετά την τοποθέτηση των υαλοπινάκων Low-E.



Εικόνα 5.6: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας για Θέρμανση πριν και μετά την τοποθέτηση υαλοπινάκων Low-E



Εικόνα 5.7: Μηνιαίες Καταναλώσεις Ενέργειας για Ψύξη πριν και μετά την τοποθέτηση υαλοπινάκων Low-E

Συνολικά στον πίνακα της Εικόνας 5.8 παρουσιάζονται οι καταναλώσεις ενέργειας του συστήματος κλιματισμού, για όλες τις ζώνες στις οποίες διατίθεται, και για όλη την διάρκεια λειτουργίας του νοσοκομείου.

Συγκεκριμένα, οι συνολικές καταναλώσεις ενέργειας μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων Low-E μειώθηκαν κατά 5.840,75 kWh, ενώ θέτοντας κόστος 0.08259€/ KWh προκύπτει ετήσιο όφελος 482,39 €.

ΜΗΝΕΣ	ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ Low-E	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (KWH)	ΟΦΕΛΟΣ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	24576.27288	23966.4406	609.8322785	50.36605
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	26097.41532	25707.33056	390.0847649	32.2171
ΜΑΡΤΙΟΣ	19698.66691	19427.92722	270.7396806	22.36039
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13728.68255	13644.48072	84.20182922	6.954229
ΜΑΙΟΣ	26857.47228	26616.95414	240.5181365	19.86439
ΙΟΥΝΙΟΣ	48994.06948	48238.25848	755.8110028	62.42243
ΙΟΥΛΙΟΣ	67577.32398	66624.41514	952.9088382	78.70074
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	68704.26057	67837.47196	866.788618	71.58807
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	45781.88522	45342.12233	439.7628892	36.32002
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	29746.93427	29434.7378	312.1964715	25.78431
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	13965.06466	13735.57855	229.4861105	18.95326
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	25867.58078	25179.15717	688.4236125	56.85691
ΣΥΝΟΛΟ	411595.6289	405754.8747	5840.754233	482.3879

Εκόνα 5.8: Καταναλώσεις και όφελος μετά την τοποθέτηση υαλοπινάκων Low-E

5.2.3. Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης

Προτείνεται η αντικατάσταση όλων των υαλοπινάκων συνολικής επιφάνειας 264,68m². Η προβλεπόμενη τιμή όπως προέκυψε από έρευνα αγοράς, διαμορφώνεται στα 57 €/ m², συμπεριλαμβανομένου του Φ.Π.Α 23% καθώς επίσης του κόστους υλικών και εργασίας. Το κόστος εγκατάστασης των νέων υαλοπινάκων ανέρχεται στα 15086,9 €. Συνεπώς με ετήσιο όφελος 482.39 €, εκτιμάται χρόνος απόσβεσης αρχικού κόστους επένδυσης περίπου τα 31 έτη.

5.3. Τοποθέτηση Ενεργειακών Λαμπτήρων LED

Η αντικατάσταση των ενεργοβόρων συμβατικών λαμπτήρων με νέας τεχνολογίας επηρεάζει σημαντικά την μέση κατανάλωση ενέργειας και βελτιώνει την ποιότητα του φωτισμού. Ο ενεργειακά αποδοτικός φωτισμός έχει τη δυνατότητα να επιτυγχάνει εξοικονόμηση ενέργειας για φωτισμό έως και 95%, σε σχέση με το συμβατικό φωτισμό με λαμπτήρες πυρακτώσεως.

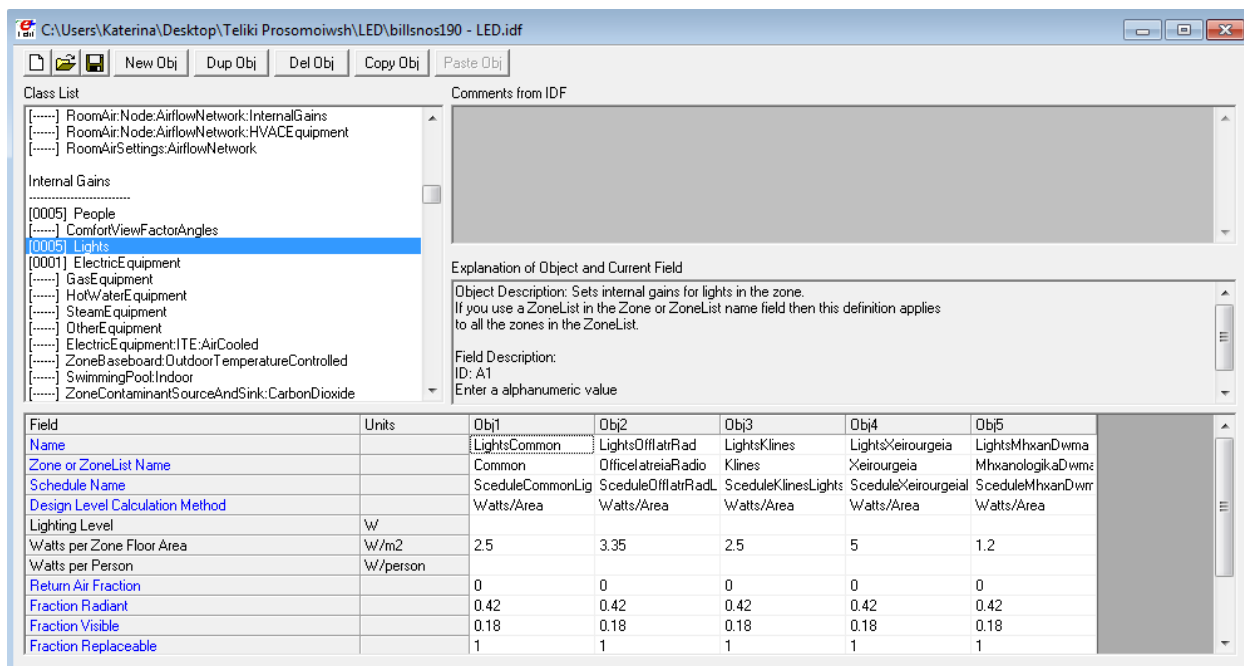
Η καινοτόμος τεχνολογία LED αποτελεί την πιο προηγμένη τεχνολογία φωτός όπου η λέξη LED προέρχεται από το ακρωνύμιο του Light Emitting Diode που σημαίνει Δίοδος Εκπομπής Φωτός ή Φωτοδίοδος.

Τα τελευταία χρόνια, σημειώθηκε εξαιρετική τεχνολογική αναβάθμιση στη λειτουργία τους και πλέον, λόγω των πολλαπλών πλεονεκτημάτων τους στην προστασία του περιβάλλοντος, στην εξοικονόμηση χρημάτων & ενέργειας και στις υψηλές προδιαγραφές ποιότητας φωτός, τα LED αντικαθιστούν σταδιακά τους συμβατικούς λαμπτήρες και χρησιμοποιούνται ως κύριος φωτισμός για κάθε εφαρμογή φωτισμού. Οι συμβατικοί λαμπτήρες πυρακτώσεως θεωρούνται πλέον ξεπερασμένης τεχνολογίας, καθώς καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια, έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής, εκπέμπουν μεγάλη θερμότητα σε σχέση με το φως που αποδίδουν και επιβαρύνουν το περιβάλλον.

Με την τοποθέτηση των λαμπτήρων LED επιτυγχάνεται η ίδια ένταση φωτός που απαιτείται για τη σωστή λειτουργία των χώρων του κτιρίου, αλλά με το 1/6 της ενέργειας, σε σχέση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως.

5.3.1. Εισαγωγή Παραμέτρων Προσομοίωσης

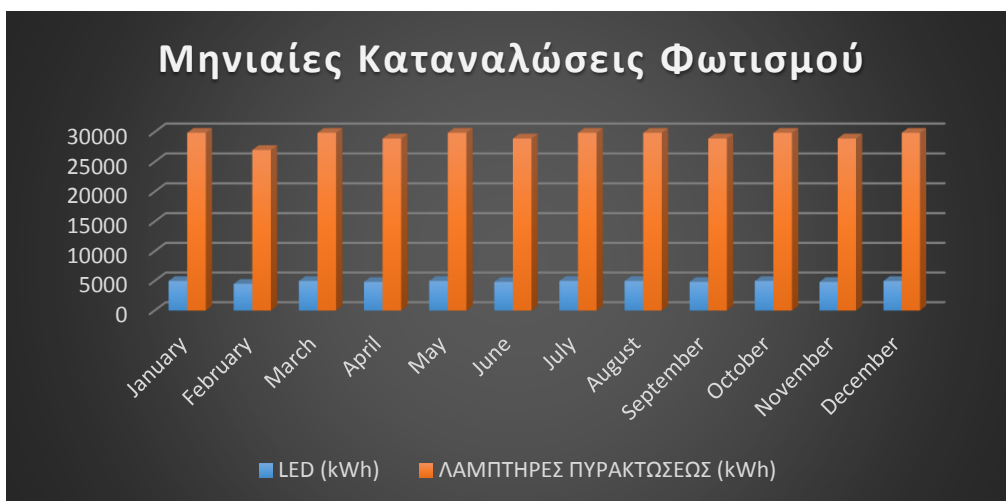
Προκειμένου να ληφθούν αποτελέσματα για την επέμβαση αυτή έγινε μια αναγωγή στα απαιτούμενα Watt με την υπόθεση ότι ένας λαμπτήρας LED ισοδυναμεί με έξι λαμπτήρες πυρακτώσεως. Έτσι, στην κατηγορία 'Internal Gains' στην υποκατηγορία 'Lights' μειώθηκαν κατά 5/6 τα Watts/m².



Εικόνα 5.9: Χαρακτηριστικά Λαμπτήρων LED

5.3.2. Αποτελέσματα Προσομοίωσης

Εφόσον εισήχθησαν οι παραπάνω παράμετροι και εκτελέστηκε η προσομοίωση στο πρόγραμμα EnergyPlus, λήφθηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην Εικόνα 5.8



Εικόνα 5.10: Μηνιαίες Καταναλώσεις λόγω Φωτισμού με λαμπτήρες πυρακτώσεως και ενεργειακούς λαμπτήρες LED

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα συμπεραίνουμε ότι εξοικονομείται μεγάλο ποσοστό ενέργειας με την επέμβαση αυτή. Στον πίνακα που ακολουθεί, φαίνονται οι συνολικές μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας με λαμπτήρες πυρακτώσεως και με λαμπτήρες LED καθώς επίσης και το ετήσιο οικονομικό όφελος με χρέωση 0,08259€/ kWh το οποίο ανέρχεται σε 24.201,04 €.

ΜΗΝΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (KWH)	ΟΦΕΛΟΣ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	29872.87932	4985.719943	24887.15938	2055.4305
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	26981.95551	4503.230916	22478.7246	1856.5179
ΜΑΡΤΙΟΣ	29872.87932	4985.719943	24887.15938	2055.4305
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	28909.23805	4824.890268	24084.34778	1989.1263
ΜΑΙΟΣ	29872.87932	4985.719943	24887.15938	2055.4305
ΙΟΥΝΙΟΣ	28909.23805	4824.890268	24084.34778	1989.1263
ΙΟΥΛΙΟΣ	29872.87932	4985.719943	24887.15938	2055.4305
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	29872.87932	4985.719943	24887.15938	2055.4305
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	28909.23805	4824.890268	24084.34778	1989.1263
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	29872.87932	4985.719943	24887.15938	2055.4305
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	28909.23805	4824.890268	24084.34778	1989.1263
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	29872.87932	4985.719943	24887.15938	2055.4305
ΣΥΝΟΛΟ	351729.0629	58702.83159	293026.2314	24201.036

Εικόνα 5.11: Καταναλώσεις και όφελος μετά την τοποθέτηση ενεργειακών λαμπτήρων LED

5.3.3 Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης

Για το κόστος της συγκεκριμένης επέμβασης, αρχικά υπολογίστηκαν οι επιφάνειες των επιμέρους χώρων που έχουν τις ίδιες ανάγκες φωτισμού καθώς επίσης και τα W/m² που απαιτούνται.

- Οι χώροι που ανήκουν στην ομάδα (zonelist) ‘Common’ καταλαμβάνουν 2051,77 m² και απαιτούν 2,5 W/m².
- Οι χώροι που ανήκουν στην ομάδα ‘OfficeIatrRad’ καταλαμβάνουν 981,54 m² και απαιτούν 3,35 W/m².
- Οι χώροι των κλινών που ανήκουν στην ομάδα ‘Klines’ καταλαμβάνουν 386,23 m² και απαιτούν 2,5 W/m².
- Ο χώρος των χειρουργείων έχει συνολικό εμβαδό 146,1 m² και για τον φωτισμό απαιτούνται 5 W/m²
- Οι χώροι που ανήκουν στην ομάδα ΜηχανDwma καταλαμβάνουν 341,86 m² και χρειάζονται 1,2 W/m² για φωτισμό

Συνολικά λοιπόν, οι απαιτήσεις του κτιρίου για φωτισμό ανέρχονται στα 10523,89 W. Έπειτα από έρευνα αγοράς, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν λαμπτήρες LED ισχύος 3W με κόστος 3 €.

Το κόστος επένδυσης ανέρχεται στα 10523,89 € και το ετήσιο όφελος ανέρχεται στα 24201,036 € συνεπώς απόσβεση επιτυγχάνεται ήδη από το πρώτο έτος. Αξίζει να τονισθεί πως οι ενεργειακοί λαμπτήρες LED δεν έχουν διάρκεια ζωής 50 έτη οπότε θα χρησιμοποιηθεί ως διάρκεια ζωής η εγγύηση τους που είναι τα δύο έτη. Για να υπολογιστεί λοιπόν ο συνολικός χρόνος απόσβεσης θα υπολογιστεί το συνολικό κόστος επένδυσης σε ορίζοντα 50 χρόνων (τελευταία περίπτωση με το σύνολο των επεμβάσεων).

5.4. Προσθήκη Θερμομόνωσης

Η προσθήκη θερμομόνωσης αποτελεί μία απ' τις σημαντικότερες επεμβάσεις με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας εφόσον οδηγεί σε μείωση της απώλειας και αντιστοίχως κατανάλωσης ενέργειας των συστημάτων ψύξης και θέρμανσης και βοηθά στην ταχεία ανάκτηση της θερμοκρασίας του χώρου.

5.4.1. Εισαγωγή Παραμέτρων Προσομοίωσης

Η πρόταση αυτή θα υλοποιηθεί με την τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης 6cm στις εξωτερικές οροφές του κτιρίου καθώς επίσης τοποθέτηση εξηλασμένης πολυστερίνης 5cm και γυψοσανίδας στην εσωτερική στρώση των εξωτερικών τοίχων οι οποίοι εκτίθενται στον ήλιο και τον άνεμο. Δεν επιλέχτηκε η θερμομόνωση για τους τοίχους στην δυτική όψη και ορισμένους στην ανατολική όψη οι οποίοι αποτελούν μεσοτοιχία με τα διπλανά κτίρια και δεν είναι εκτεθειμένοι στις εξωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντος.

Προστέθηκε λοιπόν στο IDF Editor και συγκεκριμένα στην υποκατηγορία «Material» τα νέα αυτά υλικά με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά τους (όπως αναφέρονται στο Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, βλ. Παράρτημα Α), το οποίο φαίνεται στην Εικόνα 5.9.

Field	Units	Obj14	Obj15	Obj16	Obj17	Obj18
Name		Asfaltopano	Wood	Gyposanida	Ek silasmenhPolysterinh 5cm	Ek silasmenhPolysterinh 6cm
Roughness		MediumRough	MediumSmooth	MediumSmooth	MediumSmooth	MediumSmooth
Thickness	m	0.01	0.05	0.009	0.05	0.06
Conductivity	W/m-K	0.23	0.13	0.25	0.035	0.035
Density	kg/m3	1100	500	900	35	35
Specific Heat	J/kg-K	1000	1600	1000	1450	1450
Thermal Absorptance						
Solar Absorptance						
Visible Absorptance						

Εικόνα 5.12: Χαρακτηριστικά Εξηλασμένης Πολυστερίνης και Γυψοσανίδα

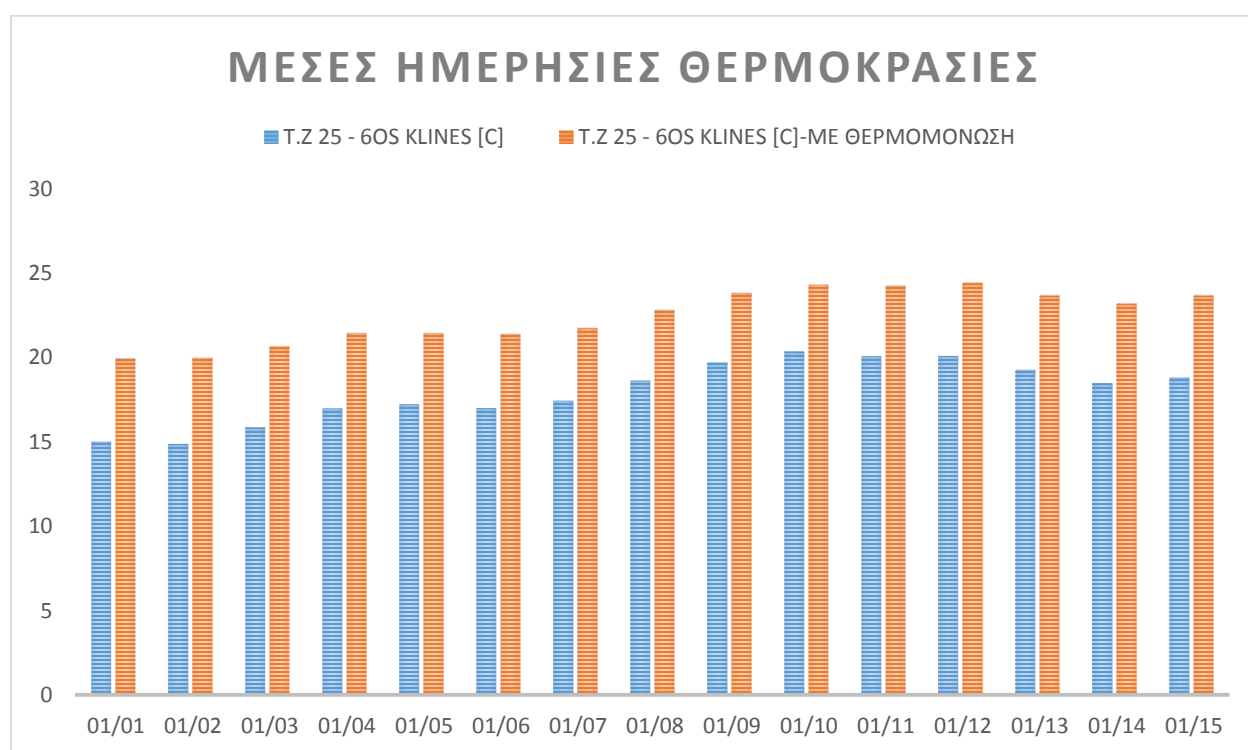
Στην συνέχεια, δηλώθηκε η νέα δομή της κατασκευής των εξωτερικών τοίχων και οροφών στα ήδη υπάρχοντα αντικείμενα ‘Exterior Wall’ και ‘Exterior Roof’, στην υποκατηγορία «Construction», όπως φαίνεται παρακάτω στην Εικόνα 5.10.

Field	Units	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7
Name		Interior Floor	Exterior Wall	Interior Wall	Exterior Roof	Interior Ceiling	Exterior Window
Outside Layer		Asvestokoniama 2c	Asvestokoniama 2c	Asvestokoniama 2c	Tsimentoplakes	Plakakia Mwsaiko	Clear 3mm
Layer 2		OpISkyrodema 18cr	Brick 19cm	Brick 9cm	AsvestTsimentKonie	OpISkyrodema 18cr	Aeras
Layer 3		Plakakia Mwsaiko	Ek silasmenhPolyste	Asvestokoniama 2c	Asfaltopano	Asvestokoniama 2c	Clear 3mm
Layer 4			Gyposanida		Kissirompeton		
Layer 5					Ek silasmenhPolyste		
Layer 6					OpISkyrodema 18cr		
Layer 7					Asvestokoniama 2c		
Layer 8							
Layer 9							

Εικόνα 5.13: Δομή εξωτερικών τοίχων και οροφών μετά την τοποθέτηση διογκωμένης πολυστερίνης

5.4.2. Αποτελέσματα Προσομοίωσης

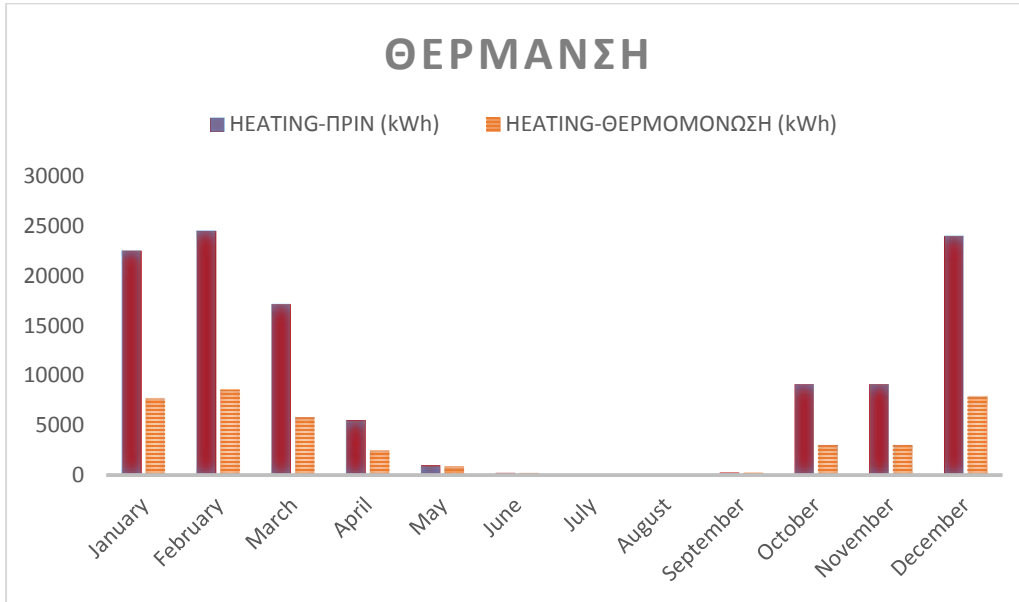
Μετά την προσομοίωση του νοσοκομείου με τα νέα δεδομένα, έγινε έλεγχος για την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής τους. Παρακάτω, στην Εικόνα 5.11, παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στην θερμική ζώνη T.Z 25 - 6OS KLINES πριν και μετά την επιβολή θερμομόνωσης. Επιλέχθηκε αυτή η ζώνη διότι δεν διαθέτει υπερκείμενο όροφο και έτσι η θερμομόνωση έγινε στους εξωτερικούς τοίχους και στην οροφή της.



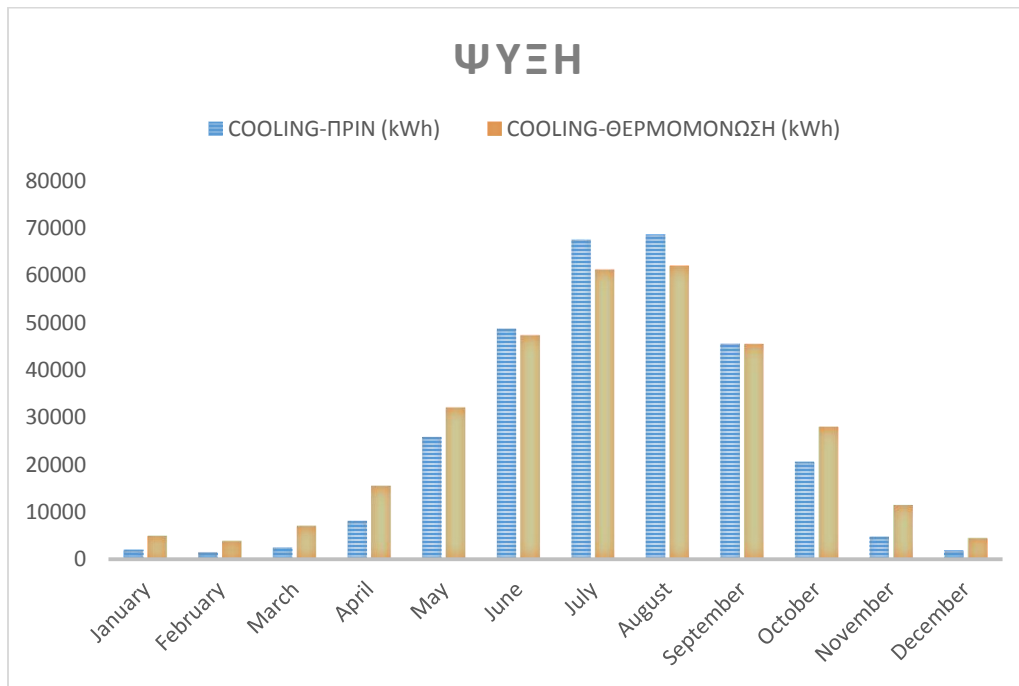
Εικόνα 5.14: Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες T.Z 25-6^{ος} KLINES πριν και μετά την προσθήκη θερμομόνωσης

Όπως παρατηρείται, είναι ιδιαίτερα αισθητή η αύξηση των ημερήσιων θερμοκρασιών τους χειμερινούς μήνες γεγονός που θα οδηγήσει στην μείωση των καταναλώσεων λόγω κλιματισμού όπως θα παρουσιαστεί παρακάτω.

Στην συνέχεια αναλύθηκε οι μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε KWh από το σύστημα κλιματισμού για την θέρμανση και την ψύξη όπου τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα.



Εικόνα 5.15: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας κλιματισμού για θέρμανση πριν και μετά την τοποθέτηση θερμομόνωσης



Εικόνα 5.16: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας κλιματισμού για ψύξη πριν και μετά την τοποθέτηση θερμομόνωσης

Οι συνολικές καταναλώσεις ενέργειας για θέρμανση και ψύξη μετά την προσθήκη θερμομόνωσης συγκριτικά με αυτές πριν την εφαρμογή παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 5.3.

Συγκεκριμένα, η συνολική εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας μετά την προσθήκη θερμομόνωσης ισούται με 48.151,167 KWh/ έτος. Η διαφορά αυτή για χρέωση 0.08259 €/ KWh ισούται με 3.976,81€ συνολικό ετήσιο κέρδος.

ΜΗΝΕΣ	ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (KWH)	ΟΦΕΛΟΣ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	24576.27288	12678.413	11897.85988	982.644248
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	26097.41532	12494.93322	13602.48211	1123.429
ΜΑΡΤΙΟΣ	19698.66691	12901.40423	6797.262674	561.385924
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13728.68255	18005.15846	-4276.475909	-353.19415
ΜΑΙΟΣ	26857.47228	32918.09378	-6060.621496	-500.54673
ΙΟΥΝΙΟΣ	48994.06948	47529.89024	1464.179247	120.926564
ΙΟΥΛΙΟΣ	67577.32398	61163.96631	6413.357668	529.67921
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	68704.26057	61952.04495	6752.215623	557.665488
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	45781.88522	45726.73147	55.1537583	4.5551489
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	29746.93427	31039.92206	-1292.987789	-106.78786
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	13965.06466	14580.67012	-615.6054536	-50.842854
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	25867.58078	12453.23399	13414.3468	1107.8909
ΣΥΝΟΛΟ	411595.6289	363444.4618	48151.16711	3976.80489

Εικόνα 5.17: Καταναλώσεις και όφελος μετά την προσθήκη θερμομόνωσης

5.4.3 Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης

Για το κόστος της συγκεκριμένης επέμβασης, υπολογίστηκαν οι επιφάνειες των εξωτερικών τοίχων οι οποίοι εκτίθενται στον ήλιο και τον άνεμο 1619,78 m² καθώς και οι επιφάνειες των εξωτερικών οροφών με συνολικό εμβαδόν 513,03 m². Τα υλικά τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για τη θερμομόνωση είναι εκτός από την εξηλασμένη πολυστερίνη και τη γυψοσανίδα, υλικά επικόλλησης, υαλοπλέγματα

ενίσχυσης, βύσματα στερέωσης, βασικό επίχρισμα και τελικό σιλικονούχο επίχρισμα. Μετά από ερευνά αγοράς το συνολικό κόστος για τα υλικά αυτά αλλά και για την εργασία ανέρχεται στα 32 €/m² για τους εξωτερικούς τοίχους και στα 50 €/m² για τις εξωτερικές οροφές. Με τις συγκεκριμένες τιμές, το κόστος επένδυσης της επέμβασης αυτής ανέρχεται συνολικά στα 77484,5 € και με δεδομένο ότι το ετήσιο όφελος είναι 3976,8 € , η απόσβεση επιτυγχάνεται σε 19,5 έτη.

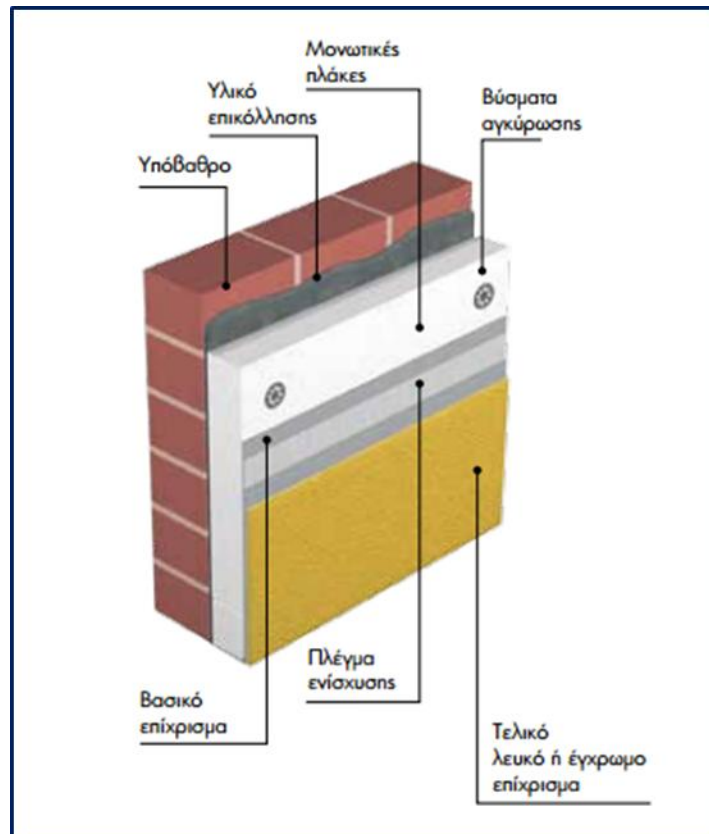
5.5 Προσθήκη Θερμοπρόσοψης

Για την εφαρμογή αυτής της πρότασης επιλέχθηκε η τοποθέτηση ολοκληρωμένου συστήματος θερμοπρόσοψης το οποίο πωλείται κ τοποθετείται απο εταιρεία που ασχολείται με το αντικειμενο αυτό. Το σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης αποτελεί ένα σύνθετο σύστημα που αναφέρεται στην Ευρωπαϊκή ορολογία ως ETICS (External Thermal Insulation Composite System) και είναι κατάλληλο τόσο για νέες κατασκευές όσο και για παλαιά κτίρια προκειμένου να:

- ✓ Βελτιωθεί η ενεργειακή τους απόδοση.
- ✓ Λυθούν προβλήματα υγρασιών, συμπυκνωμάτων υδρατμών και εμφάνισης μούχλας στο εσωτερικό τους.
- ✓ Κατασκευαστούν όψεις απαλλαγμένες από ρηγματώσεις στους σοβάδες και ξεφλουδίσματα στα χρώματα.

Κατά την εφαρμογή του συστήματος δόμησης επικολλώνται θερμομονωτικές πλάκες ειδικών προδιαγραφών, εξωτερικά στις όψεις των κτιρίων. Στην συνέχεια διαμορφώνονται επάνω τους τα επιθυμητά διακοσμητικά αρχιτεκτονικά στοιχεία (σκοτίες, κορνίζες κτλ) και τέλος εφαρμόζονται υψηλής ποιότητας επιχρίσματα ενισχυμένα με κατάλληλο υαλόπλεγμα. Τα τελικά επιχρίσματα είναι έγχρωμα ή λευκά και υπάρχει η δυνατότητα για επιλογή ανάμεσα σε ιδιαίτερα ελκυστικές

τεχνοτροπίες. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι: υλικό επικόλλησης με κατανάλωση 4 kg/m², μονωτικές πλάκες (Γραφιτούχα Πολυστερίνη EPS 80) με κατανάλωση 1 m²/m², βυθίσματα αγκύρωσης με κατανάλωση 5 τεμαχία/m², βασικό επίχρισμα με κατανάλωση 8.5kg/m² για πάχος 5-7 mm, πλέγμα ενίσχυσης με κατανάλωση 1.1 m²/m², αστάρι με χαλαζιακή άμμο με κατανάλωση 0.2kg/m², τελικό επίχρισμα έγχρωμο ακρυλικό και έγχρωμο σιλικονούχο με κατανάλωση 2.4kg/m². (Εικόνα 5.13)



Εικόνα 5.18: Υλικά Θερμοπρόσοψης

5.5.1. Εισαγωγή Παραμέτρων Προσομοίωσης

Στο IDF Editor στην υποκατηγορία ‘Material’ προστέθηκε το υλικό ‘GrafitouxaPolysteriniEPS80’.

Field	Units	Obj12	Obj13	Obj14	Obj15	Obj16
Name		Amooxalliko	Plakakia Mwsaiko	Asfaltopano	Wood	GrafitouxaPolysterinhEPS80
Roughness		VeryRough	MediumSmooth	MediumRough	MediumSmooth	MediumRough
Thickness	m	0.3	0.02	0.01	0.05	0.05
Conductivity	W/m-K	2	1.2	0.23	0.13	0.032
Density	kg/m3	2200	1900	1100	500	16
Specific Heat	J/kg-K	1000	800	1000	1600	1550
Thermal Absorptance						
Solar Absorptance						
Visible Absorptance						

Εικόνα 5.19: Χαρακτηριστικά Γραφитоύχας Πολυστερίνης

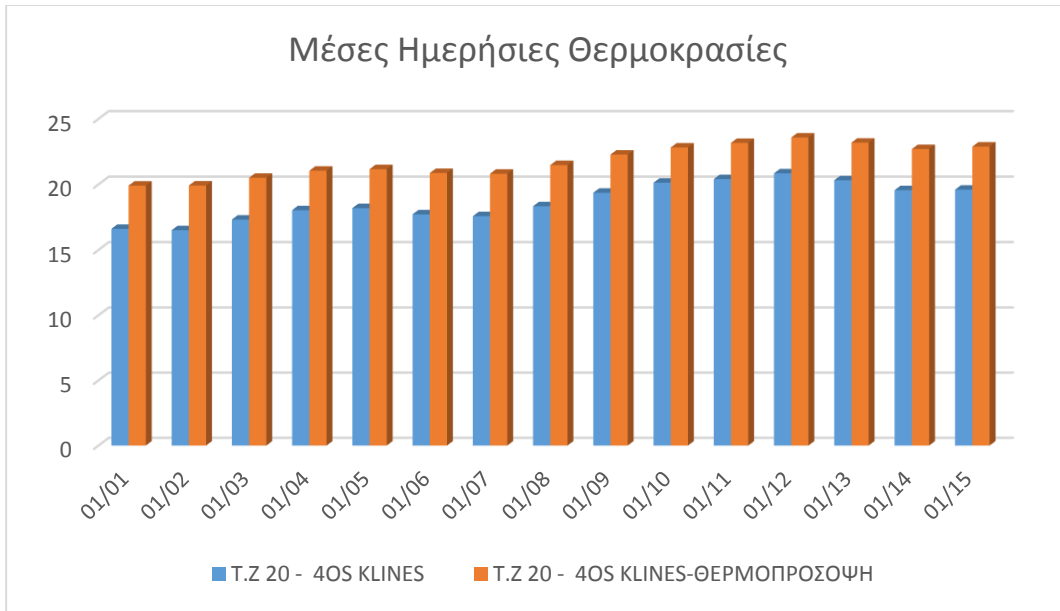
Στην συνέχεια, δηλώθηκε η νέα δομή της κατασκευής των εξωτερικών τοίχων στο ήδη υπάρχον αντικείμενο ‘Exterior Wall’ και στην υποκατηγορία «Construction», όπως φαίνεται παρακάτω στην Εικόνα 5.15.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		Exterior Floor	Interior Floor	Exterior Wall	Interior Wall	Exterior Roof	Interior Ceiling
Outside Layer		Asvestokoniama 2c	Asvestokoniama 2c	GrafitouxaPolysti	Asvestokoniama 2c	Tsimentoplakes	Plakakia Mwsaiko
Layer 2		OplSkyrodema 18cr	OplSkyrodema 18cr	Asvestokoniama 2c	Brick 9cm	AsvestTsimenKoniz	OplSkyrodema 18c
Layer 3		Plakakia Mwsaiko	Plakakia Mwsaiko	Brick 19cm	Asvestokoniama 2c	Asfaltopano	Asvestokoniama 2c
Layer 4				Asvestokoniama 2c		Kissirompeton	
Layer 5						OplSkyrodema 18cr	
Layer 6						Asvestokoniama 2c	
Layer 7							
Layer 8							
Layer 9							

Εικόνα 5.20: Δομή Εξωτερικών τοίχων μετά την τοποθέτηση θερμοπρόσοψης

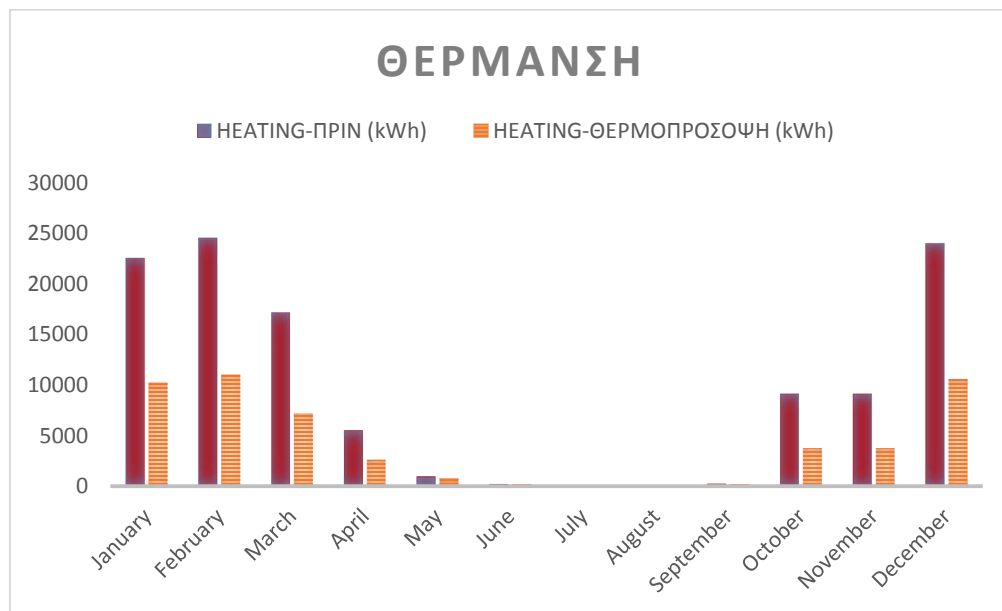
5.5.2. Αποτελέσματα Προσομοίωσης

Από την προσομοίωση αρχικά λήφθηκαν αποτελέσματα σχετικά με τις θερμοκρασίες των θερμικών ζωνών. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται οι θερμοκρασίες για την ζώνη T.Z-4^{ος} KLINES πριν και μετά την προσθήκη θερμοπρόσοψης.

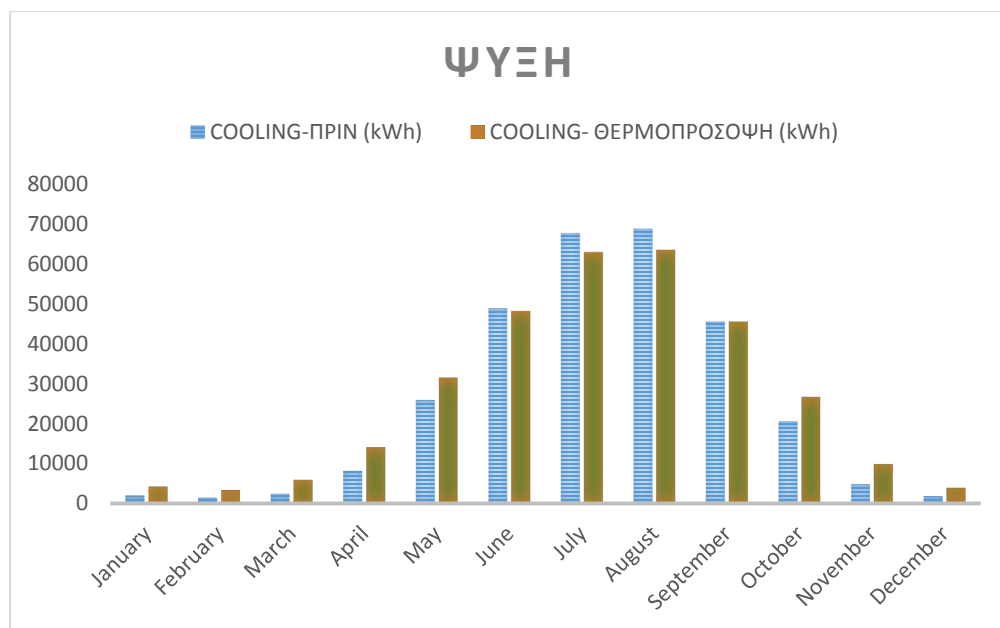


Εικόνα 5.21: Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες πριν και μετά την προσθήκη θερμοπρόσοψης

Στην συνέχεια λήφθηκαν αποτελέσματα που αφορούν τις μηνιαίες καταναλώσεις για θέρμανση και ψύξη για την ίδια θερμική ζώνη οι οποίες παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα.



Εικόνα 5.22: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας κλιματισμού για θέρμανση πριν και μετά την τοποθέτηση θερμοπρόσοψης



Εικόνα 5.23: Μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας κλιματισμού για ψύξη πριν και μετά την τοποθέτηση θερμοπρόσοψης

Οι συνολικές καταναλώσεις ενέργειας για θέρμανση και ψύξη μετά την προσθήκη θερμοπρόσοψης συγκριτικά με αυτές πριν την εφαρμογή παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα .

Συγκεκριμένα, η συνολική εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας μετά την προσθήκη θερμοπρόσοψης ισούται με 41.172,3 KWh/ έτος. Η διαφορά αυτή για κόστος 0.02821€/ KWh ισούται με 3.400,42 € συνολικό ετήσιο κέρδος.

ΜΗΝΕΣ	ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΘΕΡΜΟΠΡΟΣΟΨΗ	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (KWH)	ΟΦΕΛΟΣ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	24576.27288	14532.74779	10043.52509	829.4947369
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	26097.41532	14460.76864	11636.64668	961.0706497
ΜΑΡΤΙΟΣ	19698.66691	13217.73016	6480.936748	535.260566
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	13728.68255	16739.69768	-3011.015135	-248.67974
ΜΑΙΟΣ	26857.47228	32295.41761	-5437.94533	-449.1199048
ΙΟΥΝΙΟΣ	48994.06948	48400.64464	593.4248394	49.01095748
ΙΟΥΛΙΟΣ	67577.32398	62904.20172	4673.122257	385.9531672
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	68704.26057	63482.02539	5222.235189	431.3044043
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	45781.88522	45747.61015	34.2750737	2.830778337
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	29746.93427	30418.22845	-671.2941773	-55.4421861

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	13965.06466	13671.55266	293.5119977	24.24115589
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	25867.58078	14552.72023	11314.86055	934.4943328
ΣΥΝΟΛΟ	411595.6289	370423.3451	41172.28378	3400.41891 €

Εικόνα 5.24: Καταναλώσεις και όφελος μετά την προσθήκη θερμοπρόσοψης

5.5.3. Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης

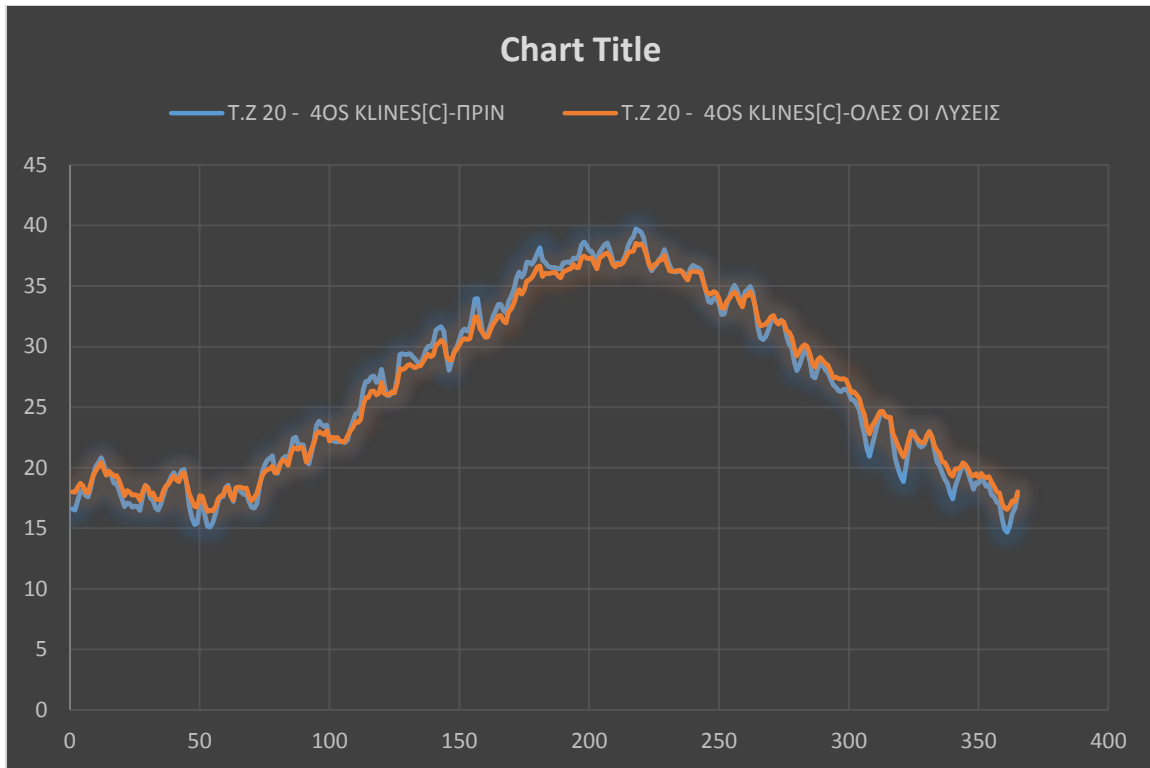
Σχετικά με το κόστος της συγκεκριμένης επέμβασης, το πακέτο θερμοπρόσοψης που προαναφέρθηκε κοστολογείται 45 €/m² συμπεριλαμβανομένου του Φ.Π.Α 23%, (κόστος υλικών και εργασίας). Η συνολική επιφάνεια των εξωτερικών τοίχων οι οποίοι εκτίθενται στον ήλιο και τον άνεμο είναι 1619,78 m². Συνεπώς το κόστος επένδυσης της επέμβασης ανέρχεται συνολικά στα 72890,1 € και με ετήσιο όφελος 3400,42 € η απόσβεση επιτυγχάνεται σε περίπου 22 έτη.

5.6 Τελικά Συνολικά Αποτελέσματα όλων των Επεμβάσεων

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιασθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ταυτόχρονη εφαρμογή όλων των επεμβάσεων έπειτα απο την τοποθέτηση:

- i. ενεργειακών λαμπτήρων LED
- ii. υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής Low-E
- iii. θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους και τις εξωτερικές οροφές
- iv. θερμοπρόσοψης στους εξωτερικούς τοίχους

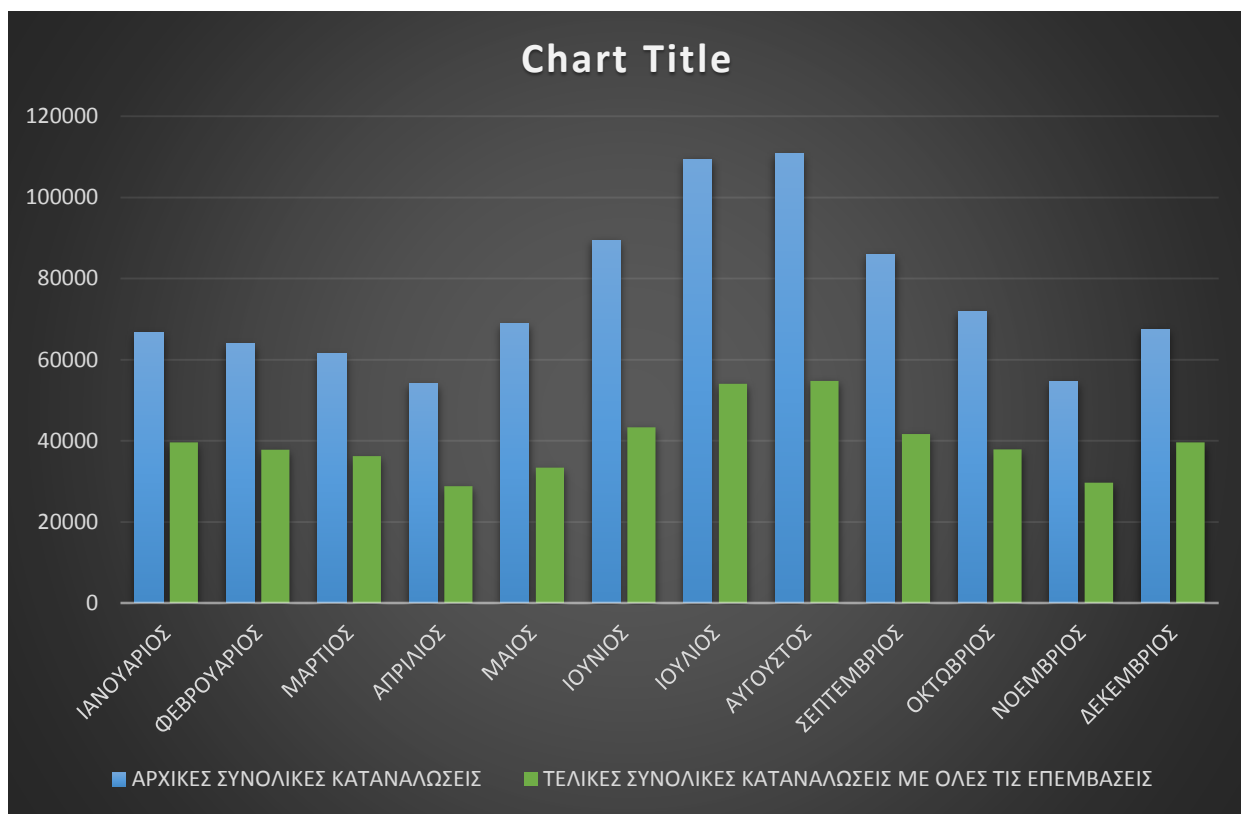
Στο διάγραμμα που ακολούθεί παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες κατα την διάρκεια του χρόνου στην θερμική ζώνη T.Z 20 – 4ος KLINES.



Εικόνα 5.25: Μέσες Ημερήσιες Θερμοκρασίες πριν και μετά την ταυτόχρονη εφαρμογή όλων των επεμβάσεων

Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα της Εικόνας 5.19 διαπιστώνουμε την ελαφριά αύξηση της θερμοκρασίας κατά τους χειμερινούς μήνες και την ελαφριά μείωσή τους κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, γεγονός ικανοποιητικό και απολύτως αποδεκτό.

Επιπρόσθετα, στο παρακάτω διάγραμμα της Εικόνας 5.20 παρουσιάζονται οι συνολικές μηνιαίες καταναλώσεις λόγω κλιματισμού (ψύξη και θέρμανση), ηλεκτρικού φωτισμού, ηλεκτρικού εξοπλισμού σε κοινό διάγραμμα με τις αρχικές συνολικές μηνιαίες καταναλώσεις ώστε να είναι εμφανής η αισθητή διαφορά τους.



Εικόνα 5.26: Συνολικές μηνιαίες καταναλώσεις πριν και μετά την εφαρμογή των επεμβάσεων

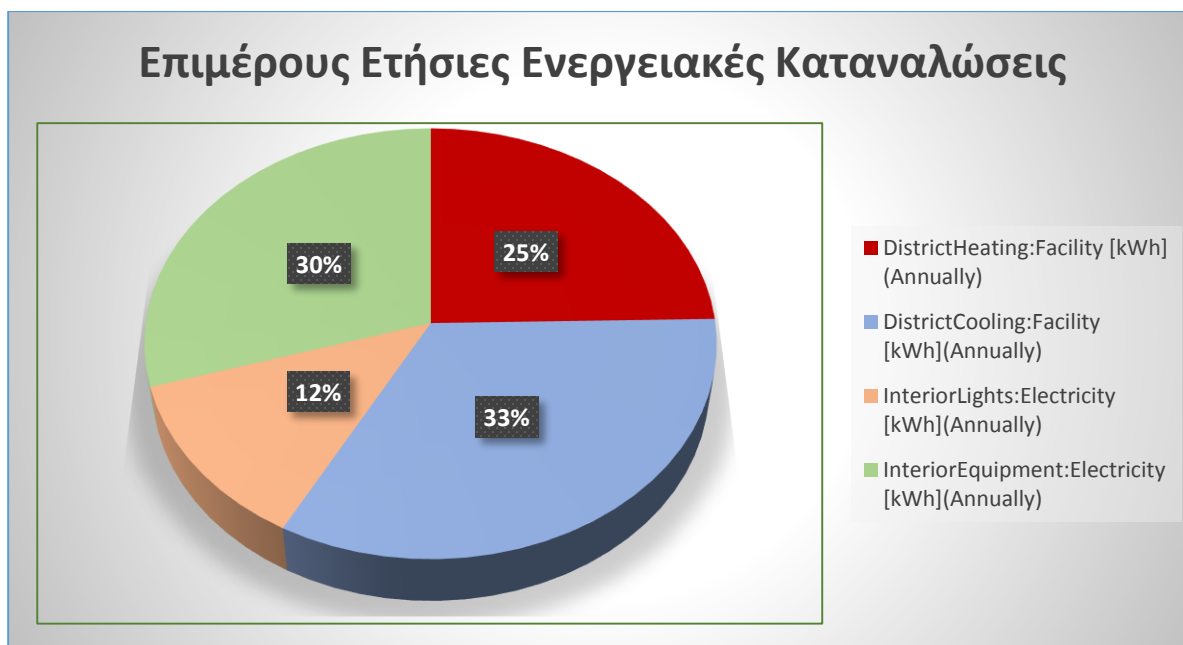
Με βάση το παραπάνω διάγραμμα, προκύπτει ότι μειώνονται αισθητά οι καταναλώσεις ενέργειας μετά την εφαρμογή όλων των επεμβάσεων. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται αναλυτικά η μείωση αυτή για κάθε μήνα καθώς και η εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh, η οποία φτάνει τις 428.090,17 kWh ετησίως.

Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας έπειτα από την προσομοίωση της μεθόδου στο Energy Plus, υπολογίσθηκε ως το 47.3 % της αρχικής, η οποία ισοδυναμεί με όφελος 35.355,967 €/έτος.

ΜΗΝΕΣ	ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ (kWh)	ΤΕΛΙΚΕΣ ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΜΕ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ (kWh)	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)	ΟΦΕΛΟΣ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	66658.06127	39649.6243	27008.43698	2230.6268
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	63944.34423	37780.28866	26164.05556	2160.8893
ΜΑΡΤΙΟΣ	61593.79756	36211.8284	25381.96917	2096.2968
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	54165.90226	28796.94908	25368.95318	2095.2218
ΜΑΙΟΣ	68939.26067	33373.60178	35565.6589	2937.3678
ΙΟΥΝΙΟΣ	89477.58031	43336.61968	46140.96063	3810.7819
ΙΟΥΛΙΟΣ	109426.1635	54099.60123	55326.56229	4569.4208
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	110786.049	54797.12234	55988.92663	4624.1255
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	86032.4472	41672.55913	44359.88807	3663.6832
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	71828.72266	37860.45237	33968.2703	2805.4394
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	54635.23322	29707.97393	24927.25929	2058.7423
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	67529.76259	39640.53443	27889.22816	2303.3714
ΣΥΝΟΛΟ	905017.3245 kWh	476927.1553 kWh	428090.1692 kWh	35355.967 €

Εικόνα 5.27: Καταναλώσεις και όφελος μετά την εφαρμογή όλων των επεμβάσεων

Επιπρόσθετα, παρατίθενται παρακατω στην Εικόνα 5.22 η κατανομή της ενέργειας που καταναλώθηκε ετησίως μετά την εφαρμογή όλων των επεμβάσεων.



Εικόνα 5.28: Επιμέρους Ετήσιες Ενεργειακές Καταναλώσεις με την εφαρμογή όλων των επεμβάσεων

5.6.1. Υπολογισμός Κόστους Επένδυσης

Για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους επένδυσης αθροίστηκαν τα επιμέρους κόστη των μεμονωμένων λύσεων αφού πρώτα έγινε αναγωγή του κόστους των νέων λαμπτήρων σε βάθος 50 ετών ($25 \times 10523,9$). Το συνολικό κόστος που προέκυψε ανέρχεται στα 358.559 € και με συνολικό ετήσιο όφελος 35.356 € η απόσβεση της επένδυσης επιτυγχάνεται σε περίπου 10 έτη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέσω της προσομοίωσης του κτιρίου στο πρόγραμμα EnergyPlus, με επί τόπου έρευνες να αναλύθηκε η υπάρχουσα κατάσταση στο κτίριο όσον αφορά τις συνθήκες θερμικής άνεσης και τα μεγέθη που αφορούν την κατανάλωση ενέργειας.

Η έλλειψη θερμομόνωσης καθώς και οι μονοί υαλοπίνακες που υπάρχουν στους χώρους του κτιρίου αναγκάζει τους χρήστες του να χρησιμοποιούν συνεχώς τους μηχανισμούς θέρμανσης όχι μόνο κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών αλλά και κατά την διάρκεια της Άνοιξης και του Φθινοπώρου καθώς επίσης η υψηλή τιμή της ενεργειακής κατανάλωσης για ψύξη του κτιρίου οφείλεται στην υπερθέρμανση του κτιρίου λόγο ανεπαρκούς προστασίας του κελύφους από την ηλιακή ακτινοβολία. Παρόλο που το κτίριο έχει πολλά ανοίγματα προς την Νότια πλευρά, η ηλιακή ακτινοβολία δεν συγκρατείται στο εσωτερικό της θερμικής ζώνης κατά τους χειμερινούς μήνες (δηλαδή δεν έχουμε πλήρης λειτουργία ενός ηλιακού παθητικού συστήματος) λόγω των μεγάλων απωλειών από τους μονούς υαλοπίνακες που υπάρχουν σε όλο το κτίριο. Τα ανοίγματα στη Βόρεια πλευρά είναι πολύ μεγάλα με αποτέλεσμα να έχουμε μεγάλες απώλειες θερμότητας.

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται η αποτελεσματικότητά των προτάσεων που έγιναν και αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 5 και η δυνατότητα εφαρμογής τους από οικονομικής πλευράς, με σκοπό τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

Αρχικά σχετικά με την αντικατάσταση των υφιστάμενων απλών υαλοπινάκων με υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής Low-E προκαλείται μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στους χώρους και αυξάνει την εσωτερική θερμοκρασία. Η πρόταση αυτή, μειώνοντας την καταναλισκόμενη ενέργεια κατά

1.4% αποφέρει ετήσιο κέρδος 482,4 € ενώ η επένδυση για την εφαρμογή ανέρχεται στα 15.087 € με εκτιμώμενη απόσβεση κόστους στα 31 έτη.

Στην περίπτωση της προσθήκης θερμομόνωσης και συγκεκριμένα η χρήση μιας επιπλέον στρώσης εξηλασμένης πολυστερίνης στους εξωτερικούς τοίχους και τις εξωτερικές οροφές του κτιρίου, το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας φτάνει το 11,7% της συνολικής κατανάλωσης που παραπέμπει σε ετήσιο όφελος 3.976,8 €. Το κόστος εφαρμογής ανέρχεται στα 77.484 € με αναμενόμενη απόσβεση σε διάρκεια περίπου 19 έτη. Στην συνέχεια εξετάστηκε η εφαρμογή θερμοπρόσοψης στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου όπου το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας φτάνει το 10% με ετήσιο όφελος 3.400 €. Το κόστος εφαρμογής ανέρχεται στο ποσό των 72.890 € με εκτιμώμενη απόσβεση κόστους περίπου σε 22 έτη. Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει η πρόταση αντικατάστασης των λαμπτήρων πυρακτώσεως με ενεργειακούς λαμπτήρες LED όπου το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας αγγίζει το 83.3% της αρχικής κατανάλωσης. Η απόσβεση των λαμπτήρων LED γίνεται σε λιγότερο από ένα χρόνο και συνεπώς αυτή η πρόταση κρίνεται ιδιαίτερος επιτυχημένη.

Εξετάζοντας λοιπόν μεμονωμένα τις παραπάνω προτάσεις, προκύπτει αξιόλογη προσπάθεια βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς του νοσοκομείου και περιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία του. Ωστόσο, μπορεί να μην αποτελούν όλες οικονομικά βιώσιμες επενδύσεις μιας και αυτό που ενδιαφέρει επίσης τους επενδυτές είναι ο όσο το δυνατό μικρότερος χρόνος απόσβεσης. Εάν όμως εξεταστούν στο σύνολό τους, δηλαδή η παράλληλη εφαρμογή και των τεσσάρων, το αποτέλεσμα ίσως δικαιώσει τον επενδυτή. Συγκεκριμένα, για την εφαρμογή όλων των παραπάνω επεμβάσεων, το αρχικό κόστος επένδυσης κυμαίνεται στα 358.559 €, ενώ παράλληλα το ετήσιο χρηματικό όφελος από τη συνολική μείωση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία αντιστοιχεί

σε ποσοστό **47%**, προκύπτει περίπου 35.356 €. Ως εκ τούτου εκτιμήθηκε απόσβεση του αρχικού κόστους επένδυσης στα 10 χρόνια. Με τον τρόπο αυτό, το νοσοκομείο επιτυγχάνει να μειώσει σχεδόν κατά το ήμισυ την κατανάλωση ενέργειας που επιβαρύνει το περιβάλλον, ενώ το αντικειμενικά μεγάλο αρχικά κόστος επένδυσης αναμένεται να αντισταθμιστεί σε σύντομο χρονικό διάστημα. Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω Πίνακα.

Επέμβαση	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Κόστος Επένδυσης (€)	Όφελος (€/έτος)	Απόσβεση
Υαλοπίνακες Low-E	1.40%	15.087	482.4	31 έτη
Λαμπτήρες LED	83.30%	10.524	24.201	0.5 έτος
Θερμομόνωση	11.70%	77.484	3.977	19 έτη
Θερμοπρόσοψη	10%	72890	3400	22 έτη
Σύνολο	47%	358.559	35.356	10 έτη

Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Για μελλοντική έρευνα προτείνονται η μελέτη και η προσομοίωση κι άλλων βιοκλιματικών μεθόδων σε κτίρια στο Energy Plus, όπως η εγκατάσταση συστήματος γεωθερμίας, τοίχου Trombe, προσθήκη φυτεμένου δώματος και άλλες που διατίθενται στο λογισμικό. Τέλος προτείνεται ο υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος του κτιρίου. Με τον όρο ανθρακικό αποτύπωμα, νοείται το σύνολο των εκπομπών αερίων του φαινομένου θερμοκηπίου, μετρούμενο σε κιλά διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται στην ατμόσφαιρα κατά την διάρκεια κατασκευής και λειτουργίας ενός κτιρίου.

Βιβλιογραφία

- 1) Αειφόρος Ανάπτυξη και Πράσινες Δημόσιες Επεμβάσεις, Τμήμα Περιβάλλοντος, INT.-
<http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/97100E5511AAC492C225795200325062?OpenDocument>
- 2) RENEWABLE ENERGY SOURCES Antonia V. Herzog, Timothy E. Lipman, Daniel M. Kammen - Energy and Resources Group, Renewable and Appropriate Energy Laboratory (RAEL) University of California, Berkeley, USA
- 3) Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity, Thomas B. Johansson et.al
- 4) Περιβάλλον και Διαχείριση Ενέργειας INT.-
<http://www.allaboutenergy.gr/Gaianthrakes.html>
- 5) EnergyPress- Αιολικό Πάρκο INT.- <http://energypress.gr/news/se-leitoyrgia-proto-aioliko-parko-sti-drama>
- 6) Αιολική Ενέργεια INT. -
<http://www.allaboutenergy.gr/AiolikiEnergeia.html>
- 7) Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων INT. -
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CF%83%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%AF%CF%89%CE%BD
- 8) ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ-ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ, Κλειώ Ν. Αξαρή, Αρχιτέκτονας Α.Π.Θ., MsocSci B'ham, Δρ. Α.Π.Θ. Αναπληρώτρια καθηγήτρια Εργαστήριο Οικοδομικής και Φυσικής των Κτιρίων Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ. INT. -
http://library.tee.gr/digital/kma/kma_m1429/kma_m1429_axarli_basic.pdf
- 9) «Bioclimatic design», Technical and commercial company landscape, environment, sports Bioclimatic architecture, landco ltd
- 10) Εφαρμογή Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων INT. -
http://www.cres.gr/energy-saving/efarmoges_iliako_xorio.htm

- 11) «Ηλιακό Χωριό Πεύκης» INT. -
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B5%CF%8D%CE%BA%CE%B7>
- 12) ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010, Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική – Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης
- 13) Τεχνικό Άρθρο, «Ηλιακή Θέρμανση» Γαβριελάτος Ανδρέας - Μηχανολόγος και Αεροναυπηγός Μηχανικός Πανεπιστημίου Πατρών. MSc «Παραγωγή & Διαχείριση Ενέργειας» (ΕΜΠ)
- 14) Θεραπευτικό περιβάλλον και στοιχειοθετημένος σχεδιασμός-Η διεθνής εμπειρία και η περίπτωση της Ελλάδας. Ε. Σκλάβου, Ι.Τζουβαδάκης Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Δομοστατικής, Αθήνα Ιούνιος 2011
- 15) ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα Ιούνιος 2011
- 16) Θερμοδυσικές Ιδιότητες Δομικών Υλικών και Έλεγχος της Θερμομονωτικής Επάρκειας των Κτιρίων, Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010 Α΄ Έκδοση, Αθήνα 2010
- 17) Advanced Energy Design Guide for Small Hospitals and Healthcare Facilities, Eric Bonnema, Shanti Pless, Ian Doebber, Journal of Healthcare Engineering Vol.1-No2-2010
- 18) Διπλωματική Εργασία “ Προσομοίωση και αναβάθμιση ενεργειακής συμπεριφοράς ξενοδοχειακής μονάδας στο λογισμικό Energy Plus και υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματός της μέσω του CO2 Footprint Calculator” , Παπαδάκη Μαρία Ελένη-Παπασηφάκη Αλκυόνη, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Νοέμβριος 2014
- 19) Διπλωματική Εργασία «Βιοκλιματικός Ανασχεδιασμός του κτιρίου του Αμφιθεάτρου Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου μέσω του λογισμικού EnergyPlus», Γιαλίδη Δήμητρα, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ιούλιος 2016

20) «EnergyPlus Energy Simulation Software», Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

21) Υδραυλική Ενέργεια INT. -

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B4%CF%81%CE%B1%CF%85%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

2.2. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ ΚΤΗΡΙΟΥ

Για την εκτίμηση της ενεργειακής του απόδοσης το κτήριο χωρίζεται σε «θερμικές ζώνες», δηλαδή σε χώρους με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Για το διαχωρισμό του κτηρίου σε θερμικές ζώνες συνιστάται να ακολουθούνται οι παρακάτω γενικοί κανόνες:

- Ο διαχωρισμός του κτηρίου να γίνεται στο μικρότερο δυνατό αριθμό ζωνών, προκειμένου να επιτυγχάνεται οικονομία στο πλήθος των δεδομένων εισόδου και στον υπολογιστικό χρόνο.
- Κατά τη μελέτη ή την επιθεώρηση ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών να γίνεται καταγράφοντας την πραγματική εικόνα λειτουργίας του κτηρίου.
- Τμήματα του κτηρίου με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου του κτηρίου να εξετάζονται ενταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες, κατά το δυνατόν παρόμοιες, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών.

Για τους υπολογισμούς των απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης και ψύξης, το κτήριο θα πρέπει να μελετάται ως μια ενιαία θερμική ζώνη ή να διακριτοποιείται (να διαχωρίζεται) κατά περίπτωση σε περισσότερες θερμικές ζώνες. Εφόσον διακριτοποιηθεί ένα κτήριο σε περισσότερες από μία θερμικές ζώνες, υπάρχει η δυνατότητα βάσει των ευρωπαϊκών προτύπων να εκπονηθεί η μελέτη ενεργειακής απόδοσης με ή χωρίς συνυπολογισμό της θερμικής σύζευξης μεταξύ των θερμικών ζωνών. Δεδομένου ότι η θερμική σύζευξη των ζωνών πολλαπλασιάζει σημαντικά τόσο την είσοδο των δεδομένων στο μοντέλο του κτηρίου, όσο και τον υπολογιστικό χρόνο, χωρίς ωστόσο αντίστοιχα να επιτυγχάνει σημαντική βελτίωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων, για την μελέτη ενεργειακής απόδοσης είναι σκόπιμο να ακολουθείται ο υπολογισμός χωρίς σύζευξη μεταξύ των θερμικών ζωνών.

Ο καθορισμός ανεξάρτητων διαφορετικών θερμικών ζωνών σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010) και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009 επιβάλλεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες:

- Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4 K (4 °C) σε σχέση με τα άλλα τμήματα του κτηρίου κατά τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση / λειτουργία. Για παράδειγμα, σε ένα νοσοκομείο υπάρχουν αίθουσες νοσηλείας, γραφείων, χειρουργείων, ειδικών ιατρικών μηχανημάτων, εργαστήρια κ.ά. Οι χώροι διαφορετικών χρήσεων έχουν συνήθως και διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, νωπό αέρα κ.ά.).
- Υπάρχουν χώροι στο κτήριο, που εξυπηρετούνται από διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.
- Υπάρχουν χώροι στο κτήριο που παρουσιάζουν πολύ μεγάλες (σε σχέση με το υπόλοιπο κτήριο) συναλλαγές ενέργειας (π.χ. εσωτερικά ή/και ηλιακά κέρδη, θερμικές απώλειες. Για παράδειγμα, οι χώροι με νότιο προσανατολισμό σε ένα κτήριο έχουν σημαντικά ηλιακά κέρδη σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους.
- Υπάρχουν χώροι, στους οποίους το σύστημα του μηχανικού αερισμού (παροχής νωπού αέρα ή κλιματισμού) καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

Χώροι που καταλαμβάνουν όγκο μικρότερο του 10% του όγκου του κτηρίου ή/και έχουν χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση συγκριτικά με την κατανάλωση στο υπόλοιπο κτήριο, δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως αυτόνομες θερμικές ζώνες. Επίσης, δευτερεύοντες βοηθητικοί χώροι που δεν

Ο διαχωρισμός του κτηρίου σε θερμικές ζώνες εναπόκειται στην ευχέρεια του μελετητή ή του επιθεωρητή και μπορεί να βασιστεί στους εθνικούς κανονισμούς και τις σχετικές τεχνικές οδηγίες. Ωστόσο, για τις ανάγκες της ενεργειακής μελέτης και της ενεργειακής επιθεώρησης η ακρίβεια των υπολογισμών δεν επηρεάζεται σημαντικά από το διαχωρισμό του κτηρίου σε περισσότερες θερμικές ζώνες από αυτές που συστήνεται να επιλέγονται βάσει των παραπάνω κανόνων. Γι' αυτό το λόγο καλό είναι ο διαχωρισμός του κτηρίου σε ζώνες να είναι κατά το δυνατόν μικρότερος. Αν το κτήριο δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές μεταξύ των τμημάτων του, η βέλτιστη προσέγγιση είναι να αντιμετωπιστεί ως μία ενιαία θερμική ζώνη.

Στο πλαίσιο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου καθορίζονται και οι θερμαινόμενοι χώροι (ή θερμικές ζώνες) και οι μη θερμαινόμενοι χώροι (Μ.Θ.Χ.) καθώς και οι ηλιακοί χώροι (π.χ. αίθρια), που γεινιάζουν και έχουν θερμική σύζευξη με τους θερμαινόμενους χώρους. Οι μη θερμαινόμενοι και οι ηλιακοί χώροι του κτηρίου είναι ενεργειακά αδρανείς χώροι, χωρίς απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη και αερισμό. Κατά τους υπολογισμούς, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη και ο φωτισμός των μη θερμαινόμενων και των ηλιακών χώρων θεωρούνται μηδενικά. Ωστόσο, συμμετέχουν δυναμικά στον υπολογισμό των απαιτούμενων φορτίων για θέρμανση και ψύξη των θερμαινόμενων χώρων (θερμικές ζώνες) και για το λόγο αυτό περιγράφονται και καθορίζονται με την ίδια ακρίβεια όπως και οι θερμικές ζώνες.

Επισημαίνεται ότι ειδικά κατά την διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης τμήματος κτηρίου και μόνο (π.χ. διαμερίσματος), το οποίο εφάπτεται με μη θερμαινόμενους χώρους (π.χ. κλιμακοστάσιο), για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, θεωρείται κατά παραδοχή ότι εφάπτεται με τον εξωτερικό αέρα. Σ' αυτή την περίπτωση, όλα τα δομικά στοιχεία του τμήματος κτηρίου που εφάπτονται με το μη θερμαινόμενο χώρο (τοιχοποιίες, ανοίγματα κ.ά.), περιγράφονται ως εφάπτόμενα με τον εξωτερικό αέρα αλλά με συντελεστή θερμοπερατότητας (U) μειωμένο κατά το ήμισυ του υπολογιζόμενου (δηλαδή πολλαπλασιαζόμενο επί μειωτικό συντελεστή $b=0,5$) και με πλήρη σκίαση (μηδενικό συντελεστή σκίασης) χειμώνα και καλοκαίρι. Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας U γίνεται βάσει της πραγματικής θέσης του δομικού στοιχείου, δηλαδή σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο.

Απόσπασμα από «Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010» για τον προσδιορισμό θερμικών ζωνών

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας. Τιμές σχεδιασμού.	Εδική θερμο- χωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
				μ	
	ρ kg/m ³	λ W/(m·K)	c_p J/(kg·K)		ξηρό
1. Ανόργανα δομικά υλικά					
1.1. Φυσικοί λίθοι και γαίες					
1.1.1. Συμπαγείς λίθοι					
1.1.1.1 Κρηματογενή πετρώματα (σκληρά)	2600	2,300	1 000	250	200
1.1.1.2 Ομογενής βράχος		3,500			
1.1.1.3 Βασάλτης	2700 - 3000	3,500	1 000	10 000	10 000
1.1.1.4 Γνεύσας	2400 - 2700	3,500	1 000	10 000	10 000
1.1.1.5 Γρανίτης	2500 - 2700	2,800	1 000	10 000	10 000
1.1.1.6 Μάρμαρο	2800	3,500	1 000	10 000	10 000
1.1.1.7 Σχιστόλιθος	2000 - 2800	2,200	1 000	1 000	800
1.1.1.8 Ασβεστώλιθος πολύ σκληρός	2600	2,300	1 000	250	200
σκληρός	2200	1,700	1 000	200	150
ημίσκληρος	2000	1,400	1 000	50	40
1.1.2. Πορώδεις λίθοι					
1.1.2.1 Ασβεστώλιθος μαλακός	1800	1,100	1 000	40	25
πολύ μαλακός	1600	0,850	1 000	30	20
1.1.2.2 Ψαμμίτης	2600	2,300	1 000	40	30
1.1.2.3 Κρηματογενή πετρώματα (μαλακά)	1500	0,850	1 000	30	20
1.1.2.4 Κίσηρη υπό μορφή πέτρας, λάβα, πορώδης λάβα	1600	0,550	800	20	15
1.1.2.5 Ελαφρόπετρα, θηραϊκή γη	400	0,120	1 000	8	6
1.1.2.6 Πλάκες τύπου Μάλτας (μαλτεζόπλακες)		1,050			
1.2. Γαιώδη υλικά και υλικά πλήρωσης διακένων δαπέδων, οροφών, τοίχων κ.τ.λ.					
1.2.1. Χύμα συμπαγές	1800	2,000			
1.2.2. Άργιλος / ιλύς	1200 - 1800	1,500	1 670 - 2 500	50	50
1.2.3. Πυώδης άμμος (υγρή)	1700	1,500	1 800	—	—
1.2.4. Τύρφη (σε ξηρή κατάσταση)	400	0,200	1 000		
(σε υγρή κατάσταση)	900	0,500	1 500		
1.2.5. Άμμος διαμέτρου κόκκου < 5 mm	1520	0,350	800		
1.2.6. Αμμοχάλικο	2200	2,000	910 - 1180	50	50
1.2.7 Χονδρόκοκκη κίσηρη		0,190		40	180
1.2.8 Διαγκωμένος περήλιθς	50 - 130	0,070	900	1 - 2	
1.2.9 Ψηφίδες διαμέτρου κόκκου 50-10 mm, συλλεκτές και θραυστές		0,810			
1.2.10 Θραύσματα οπίθιοι λίθων και κεραμιδιών	1400	0,410			
1.3. Κατεργασμένη άργιλος (πηλός)					
1.3.1. Ελαφρός πηλός (κίσηρη + πηλός)	760	0,230	1 000	6	
1.3.2. Πηλός μπαγαπί		0,470			
1.3.3. Πηλός λάσπη	1200 - 1800	1,500	1670 - 2500	50	50
1.3.4. Ωμόπληθοι συμπαγείς	1990	0,800	1 000	10	
1.3.5. Ωμόπληθοι με πλάσμη άχμου	300	0,100	1 500	5	
	660	0,190	1 500	5	
	1400	0,700			
1.4. Επιχρίσματα, κονιάματα στρώσεων και συνδετικά κονιάματα αρμών					
1.4.1. Ασβεστοκονίαμα	1800	0,870	1 000	15	
1.4.2. Ασβεστοσιμμεντοκονίαμα	1800	0,870	1 000	25 - 35	
	1900	1,000	1 100	35	
1.4.3. Τιμεντοκονίαμα, επίστρωση τιμέντου	2000	1,400	1 100	25 - 35	
1.4.4. Ασβεστογυψοκονίαμα	1400	0,700	1 000	10	
1.4.5. Γυψοκονίαμα χωρίς συμπίλημα άμμου	1200	0,350	900	10	6
με συμπίλημα άμμου	1600	0,800	900	10	6
1.4.6. Θερμομονωτικό επιχρίσμα (εξωτερικά)	250	0,080	1 100	10	
	350	0,100	1 100	10	
	500	0,140	1 100	10	
1.4.7. Συνθετικά κονιάματα	1800	0,870	1 100	80 - 250	
1.4.8. Επίστρωση χυτής ασφάλτου	2300	0,900		∞	

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμο- χωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
		λ		c _m	μ
	ρ kg/m ³	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό
1.5. Σκυροδέματα και ελαφρά σκυροδέματα (σε κατασκευαστικά στοιχεία χωρίς αρμούς και σε πλάκες μεγάλου μεγέθους)					
1.5.1. Σκυροδέμα άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο μέσης πυκνότητας	1800	1,150	1 000	100	60
	2000	1,350	1 000	100	60
	2200	1,650	1 000	120	70
υψηλής πυκνότητα	2400	2,000	1 000	130	80
1.5.2. Οπλισμένο σκυροδέμα χαμηλής ποιότητας (π αλαιού τύπου Β120)		1,510			
1.5.3. Οπλισμένο σκυροδέμα (1% σίδηρος)	2300	2,300	1 000	130	80
(≥2% σίδηρος)	2400	2,500	1 000	130	80
1.5.4. Γαρμπιλοσκυροδέμα, γαρμπιλόδεμα	1500	0,640		20	
	1700	0,810		25	
	1900	1,100		35	
1.5.5. Κισηρόδεμα, ελαφροσκυροδέμα	500	0,200		5 - 20	
	600	0,220		5 - 20	
	800	0,280		5 - 20	
	1000	0,350		5 - 20	
	1200	0,460		5 - 20	
1.5.6. Σύμμικτα Ελαφροσκυροδέμα με διογκωμένη πολυστερίνη	200	0,065		11	
	250	0,070		12	
	300	0,080		12	
	350	0,110		22	
1.5.7. Κυψελωτό σκυροδέμα σκληρυμένο με ασβή	400	0,140	1 000	3	
	500	0,190	1 000	4	
	600	0,230	1 000	4	
	800	0,290	1 000	5	
	1000	0,350	1 000	6	
1.5.8. Περιλόδεμα (το ειδικό βάρος εξετάται από την κατ' όγκον αναλογία τσιμέντου : περλίτη)					
1.5.8.1 Περιλόδεμα χωρίς τη χρήση αφροπιοητικού παράγοντα	350	0,130			
	450	0,140			
	500	0,160			
	600	0,200			
1.5.8.2 Περιλόδεμα με τη χρήση αφροπιοητικού παράγοντα	350	0,094			
	450	0,110			
	500	0,116			
	600	0,140			
1.5.9. Ελαφροβαρείς πλάκες					
1.5.9.1. Πλάκες από κισηρόδεμα	800	0,280		5 - 10	
1.5.9.2. Πλάκες από ελαφρό σκυροδέμα με ανάμικτα αδρανή	1400	0,580		10 - 25	
1.5.10. Πλάκες μικρού πάχους, σανίδες					
1.5.10.1 Γυψοσανίδες	700	0,210	1 000	10	4
	900	0,250	1 000	10	4
	1150	0,360	1 000	10	
1.5.10.2 Τσιμεντοσανίδες	1200 - 1300	0,28 - 0,32		20 - 30	
1.5.10.3 Νοπλισμένες τσιμεντόπλακες	2000	0,480	1 100	60	
1.6. Λιθασώματα					
1.6.1. Τεχνητοί λίθοι	1750	1,300	1 000	50	40
1.7. Τοιχοποιίες από λιθασώματα, συμπεριλαμβανομένου του συνδετικού κονιμάτος των αρμών⁽¹⁾					
1.7.1. Τοιχοποιία από τσιλίνθους τσιμεντοειδούς βάσης					
1.7.1.1. Τσιμεντόλιθοι από ασβεστολιθικά αδρανή (ασβέστη - άμ	1200	0,560	1 000	8 - 10	
	1400	0,700	1 000	8 - 10	
	1600	0,790	1 000	15 - 25	
	1800	0,990	1 000	15 - 25	
	2000	1,100	1 100	15 - 25	
	2200	1,300	1 100	15 - 25	
1.7.1.2. Ελαφροβαρείς τσιμεντόλιθοι (ελαφροτσιμεντόλιθοι)	400	0,110	1 000	3 - 5	
	500	0,130	1 000	4 - 6	
	600	0,160	1 000	5 - 7	
	700	0,190	1 000	6 - 8	
	800	0,220	1 000	8 - 10	

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής	Ειδική	Συντελεστής		
		θερμικής		θερμο-	αντίστασης	
		αγωγιμότητας.		χωρητικότητα	σε διάχυση	
	ρ	λ	c _p	μ		
	kg/m ³	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό	
1.7.1.3. Διάτρητες πλίνθοι απ'ό κυψελωτό σκυρόδεμα	600	0,350	1 000	5 - 10		
	800	0,470	1 000	5 - 10		
	1000	0,650	1 000	5 - 10		
	1200	0,770	1 000	5 - 10		
	1400	0,910	1 000	5 - 10		
	1600	1,000	1 000	5 - 10		
1.7.1.4. Κισηρόλιθοι (πλίνθοι απ'ό φυσική ελαφρόπετρα)	500	0,170	1 000	5 - 10		
	600	0,200	1 000	5 - 10		
	700	0,220	1 000	5 - 10		
	800	0,260	1 000	5 - 10		
1.7.2. Οπτοπλινθοδομή, ανεπίχρηση, συμπεριλαμβανομένου και του κονιάματος των αρμών πλάτους 12 mm						
1.7.2.1. Οπτοπλινθοδομή με πλήρεις οπτοπλίνθους	1200	0,490	1 000	10 - 25		
	1500	0,600	1 000	10 - 25		
	1700	0,680	1 000	10 - 25		
	1900	0,780	1 000	10 - 25		
1.7.2.2. Οπτοπλινθοδομή με διάτρητες οπτοπλίνθους	1200 ⁽²⁾	0,450	1 000	5 - 10		
	1500 ⁽²⁾	0,510	1 000	5 - 10		
	1700 ⁽²⁾	0,580	1 000	5 - 10		
	1900 ⁽²⁾	0,640	1 000	5 - 10		
1.7.2.3. Παρώδεις αργιλικές οπτόπλινθοι (παρώδη τούβλα)	940	0,260	1 000	10		
1.7.2.4. Οξύμαχες οπτόπλινθοι (κλίνκερ)	1800	1,800	900	100		
1.8. Γαλότσουβλα	2500	1,400	840	∞		
1.9. Κεραμίδια						
1.9.1. Κεραμίδια		0,400				
1.9.2. Αργιλικά πλακίδια επ'κτέγασης	2000	1,000	800	40	30	
2. Ξύλα						
2.1. Συμπαγής ξυλεία						
2.1.1. Κατεργασμένη και ακατέργαστη ξυλεία, γενικώς	450	0,120	1 600	50	20	
	500	0,130	1 600	50	20	
	700	0,180	1 600	200	50	
2.1.2. Κωνοφόρα (πεύκο, έλατο κ.τ.λ.)	600	0,140	1 600	50	20	
2.1.3. Οξιά	800	0,170	1 600	200	50	
2.1.4. Δρυς (βελανιδιά)	800	0,210	1 600	200	50	
2.1.5. Ξύλινα τεμάχια π'αρκέτου		0,210	1 600			
2.2. Προϊόντα ξύλου						
2.2.1. Μορισσανίδες	300	0,100	1 700	50	10	
	600	0,140	1 700	50	15	
	900	0,180	1 700	50	20	
2.2.2. Αντικολλητά φύλλα ξυλείας (κόντρα πλακέ)	300	0,090	1 600	150	50	
	500	0,130	1 600	200	70	
	700	0,170	1 600	220	90	
	1000	0,240	1 600	250	110	
2.2.3. Σκληρές πλάκες νέδους ξύλου, ισοσανίδες (MDF)	250	0,070	1 700	5	3	
	400	0,100	1 700	10	5	
	600	0,140	1 700	20	12	
	800	0,180	1 700	30	20	
3. Μέταλλα και γυαλί						
3.1. Γυαλί						
3.1.1. Γυαλί, υαλοπίνακας	2 500	1,00	750	∞	∞	
3.1.2. Ψηφιδωτό γυαλί, υαλογράφημα	2 000	1,20	750	∞	∞	
3.2. Μέταλλα						
3.2.1. Σίδηρος, χυτός	7 500	50,00	450	∞	∞	
3.2.2. Χάλυβας (ασάλι)	7 800	50,00	450	∞	∞	
3.2.3. Ανοξειδωτος χάλυβας	7 900	17,00	500	∞	∞	
3.2.4. Χαλκός	8 900	380,00	380	∞	∞	
3.2.5. Ορείχαλκος (κράμα χαλκού και ψευδάργυρου)	8 400	120,00	380	∞	∞	
3.2.6. Μπρούντζος (κράμα χαλκού και κασσίτερου)	8 700	65,00	380	∞	∞	
3.2.7. Μόλυβδος	11 300	35,00	130	∞	∞	
3.2.8. Ψευδάργυρος	7 200	110,00	380	∞	∞	
3.2.9. Αλουμίνιο, κράμα αλουμινίου	2 800	160,00	880	∞	∞	
3.2.10. Φύλλο αλουμινίου των 125 kg/m ² (ως φράγμα υδρατμών)	2 500	54,00		∞	∞	
3.2.11. Φύλλο λαμαρίνας		58,00		∞	∞	

Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής	Εδική	Συντελεστής		
		θερμικής		θερμο-	αντίστασης	
		αγωγιμότητας,		χωρητικότητα	σε διάχυση	
Τιμές				υδρατμών		
σχεδιασμού.	ρ	λ	c_p	μ		
	kg/m ³	W/(m·K)	J/(kg·K)	ξηρό	υγρό	
4. Υλικά υποστρωμάτων και επιστρώσεων						
4.1. Λινέλαιο	1 200	0,170	1 400	1 000	800	
4.2. Υποστρώματα						
4.2.1. Υπόστρωμα από τούχα, πύλημα	120	0,050	1 300	20	15	
4.2.2. Υπόστρωμα από κυπαρίνη, καουτσούκ ή πλαστικό	270	0,100	1 400	10 000	10 000	
4.2.3. Υπόστρωμα από λινάσα	200	0,060	1 300	20	15	
4.2.4. Υπόστρωμα φελλού	< 200	0,050	1 500	20	10	
4.2.5. Υαλοφάσμα, υαλόνημα, γεωφάσμα	60 - 140	0,040	1 030	2	2	
	> 140	0,045	1 030	2	2	
4.2.6. Πεπαισμένες ορυκτές ίνες	200 - 400	0,060	1 030	10	10	
4.3. Πλακίδια φελλού						
4.3.1. Απλά πλακίδια φελλού	100 - 150	0,042	1 560	10 - 30		
	> 400	0,065	1 500	40	20	
4.3.2. Πλακίδια φελλού, οπλισμένα με ψαθπη ύφανση	100 - 150	0,046	1 560	10 - 30		
4.4. Μοκέτα	200	0,060	1 300	5	5	
4.5. Καουτσούκ, λάστιχο						
4.5.1. Φυσικό καουτσούκ	910	0,130	1 100	10 000	10 000	
4.5.2. Νεοπρένιο (συνθετικό καουτσούκ)	1 240	0,230	2 140	10 000	10 000	
4.5.3. Βουτυλικό καουτσούκ	1 200	0,240	1 400	200 000	200 000	
4.5.4. Διογκωμένο καουτσούκ (σφρώδες, σπινγγώδες, λατέξ)	60 - 80	0,060	1 500	7 000	7 000	
4.5.5. Σκληρυμένο (σκληρό) καουτσούκ (εβονίτης)	1 200	0,170	1 400	∞	∞	
4.5.6. Μονομέρες αιθυλένιο-προπυλένιο-διένιο (EPDM)	1 150	0,250	1 000	6 000	6 000	
4.5.7. Πολυισοβουτυλένιο	930	0,200	1 100	10 000	10 000	
4.5.8. Πολυσουλφίδα	1 700	0,400	1 000	10 000	10 000	
4.5.9. Βουταδιένιο	980	0,250	1 000	100 000	100 000	
4.6. Ασφαλτικά υλικά						
4.6.1. Καθαρή άσφαλτος, μασίχη ασφάλτου, πίσσα	1 050	0,170	1 700	50 000	50 000	
4.6.2. Ασφαλτικά μείγματα με αδρανή, ασφαλτικό σκυρόδεμα	2 100	0,700	1 000	50 000	50 000	
4.6.3. Επίστρωση χυτής ασφάλτου	2 300	0,900	920	50 000	50 000	
4.6.4. Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόχαρτα)	1 100	0,190	1 000	50 000	50 000	
4.6.5. Ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανα)	1 100	0,230	1 000	50 000	50 000	
4.7. Κεραμικά υλικά και υλικά με βάση το τσιμέντο						
4.7.1. Πλακίδια επίστρωσης τοίχων	2 000	1,050		250		
4.7.2. Κεραμικά πλακίδια δαπέδου	2 000	1,840	840	250		
4.7.3. Κεραμικά πλακίδια με εφύαλωση / πινελιές	2 300	1,300	840	∞	∞	
4.7.4. Μωσαϊκό	1 900	1,200				
4.8. Συνθετικά (πλαστικά) πλακίδια	1 000	0,200	1 000	10 000	10 000	
4.9. Πλάκες πεζοδρομίου	2 100	1,500	1 000	100	60	
5. Συνθετικά υλικά, ρητίνες, σιλικόνες						
5.1. Πλαστικά						
5.1.1. Πολυκαρβονικά φύλλα	1 200	0,200	1 200	5 000	5 000	
5.1.2. Φύλλο πολυαιθυλενίου (υψηλής πυκνότητας)	980	0,500	1 800	100 000	100 000	
	(χαμηλής πυκνότητας)	920	0,330	2 200	100 000	100 000
5.1.3. Φύλλο χλωριούχου πολυβινυλίου (PVC)	1 390	0,170	900	50 000	50 000	
5.1.4. Πολυπροπυλένιο (PP)	910	0,220	1 800	10 000	10 000	
5.1.5. Πολυστυρένιο (PS)	1 050	0,160	1 300	100 000	100 000	
5.1.6. Ακρυλικά	1 050	0,200	1 500	10 000	10 000	
5.1.7. Πολυτετραφθοροαιθυλένιο (PTFE)	2 200	0,250	1 000	10 000	10 000	
5.1.8. Πολυακετόνη	1 410	0,300	1 400	100 000	100 000	
5.1.9. Πολυαμίδιο	1 150	0,250	1 600	50 000	5 000	
5.1.10. Πολυουρεθάνη	1 200	0,250	1 800	6 000	6 000	
5.1.11. Αφρός πολυουρεθάνης (ως σφραγιστικό υλικό)	70	0,050	1 500	60	60	
5.2. Ρητίνες						
5.2.1. Εποξειδική (εποξειδική) ρητίνη	1 200	0,200	1 400	10 000	10 000	
5.2.2. Φενολική ρητίνη	1 300	0,300	1 700	100 000	100 000	
5.2.3. Πολυεστερική ρητίνη	1 400	0,190	1 200	10 000	10 000	
5.3. Σιλικόνες						
5.3.1. Καθαρή σιλικόνη	1 200	0,350	1 000	5 000	5 000	
5.3.2. Γέμισμα σιλικόνης	1 450	0,500	1 000	5 000	5 000	
5.3.3. Σιλικονόχουχος αφρός	750	0,120	1 000	10 000	10 000	
5.3.4. Κόκκοι οξειδίου του πυριτίου, πήκτωτο πυριτίου (silica gel)	720	0,130	1 000	∞	∞	

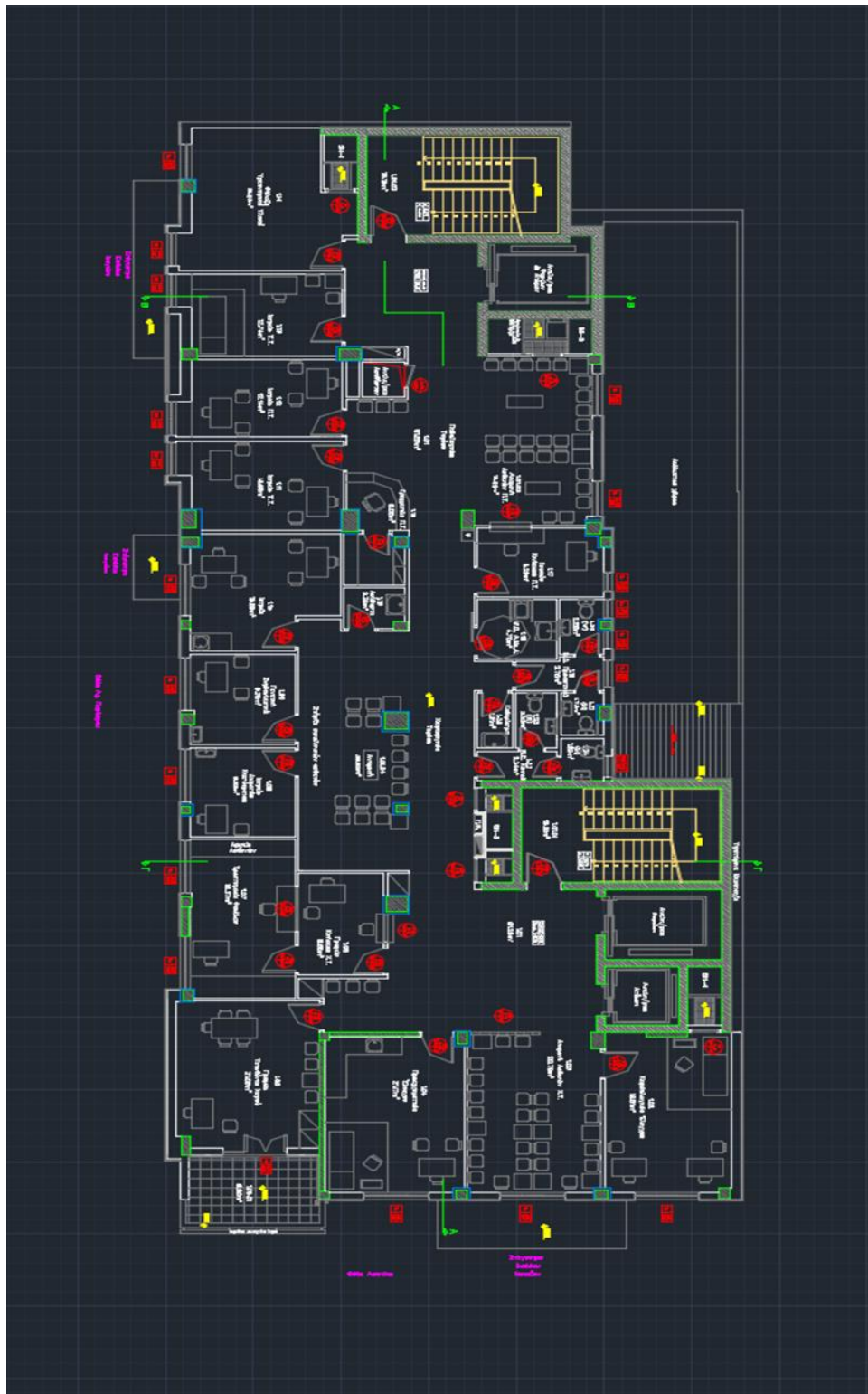
Δομικά υλικά	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, Τιμές σχεδιασμού.	Ειδική θερμο- χωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
				μ	
				ξηρό	υγρό
6. Θερμομονωτικά υλικά					
6.1. Ινώδη ανόργανα υλικά					
6.1.1. Υαλοβάμβακας					
6.1.1.1 Υαλοβάμβακας σε μορφή πταλιώματος	13 - 50	0,035 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.1.2 Υαλοβάμβακας σε μορφή πλακών	20 - 110	0,033 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.2. Πετροβάμβακας					
6.1.2.1 Πετροβάμβακας σε μορφή πταλιώματος	40 - 100	0,035 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.2.2 Πετροβάμβακας σε μορφή πλακών	50 - 180	0,033 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.3. Ορυκτοβάμβακας					
6.1.3.1 Ορυκτοβάμβακας σε μορφή πταλιώματος		0,039 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.1.3.2 Ορυκτοβάμβακας σε μορφή πλακών		0,037 - 0,041	840	1,0 - 1,5	
6.2. Ανόργανα υλικά κυψελωτής δομής					
6.2.1. Αφρώδες γυαλί	125 - 140	0,040 - 0,052	1 000	100 000	100 000
6.2.2. Τρίμματα θηραϊκής γης	150 - 230	0,060 - 0,080	1 000		
6.3. Συνθετικά οργανικά υλικά κυψελωτής δομής					
6.3.1. Πλάκες ξυλόμαλου με ανόργανο συνδετικό d < 25 mm	570	0,150	1 470	2 - 5	
6.3.1. Πλάκες ξυλόμαλου με ανόργανο συνδετικό d ≥ 25 mm	360 - 480	0,090 - 0,100	1 470	2 - 5	
6.3.2. Φελλός					
6.3.2.1 Σκληρό πλακίδια από φελλό	> 400	0,065	1 500	40	20
6.3.2.2 Φύλλα και πλάκες από φελλό	100 - 150	0,042 - 0,046	1 560	10 - 30	
6.3.3. Διογκωμένη πολυστερίνη					
6.3.3.1 Διογκωμένη πολυστερίνη σε κόκκους		0,033 - 0,038	1 450		
6.3.3.2 Διογκωμένη πολυστερίνη σε πλάκες		0,033 - 0,038	1 500	20 - 100	
6.3.3.3 Διογκωμένη πολυστερίνη με γραφίτη, σε πλάκες		0,030 - 0,032	1 550	30 - 80	
6.3.4. Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη					
6.3.4.1 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες	30-40				
6.3.4.2 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες		0,031 - 0,038	1 450	80 - 250	
6.3.4.3 Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη με άνθρακα, σε πλάκες		0,030 - 0,032	1 451	80 - 250	
6.3.5. Πολυουρεθάνη με κλειστές κυψελίδες (σε αφρό ή πλάκες)	30 - 80	0,023 - 0,030 ⁽³⁾	1400 - 1500	50 - 100	
6.3.6. Φαινολικός αφρός	40 - 50	0,026 - 0,038	1 400	50	50
6.4. Υλικά φυτικής και ζωικής προέλευσης					
6.4.1. Πλάκες ή μπάλες επεξεργασμένου άχυρου	200	0,040 - 0,070		2	
6.4.2. Φύκια θαλάσσης	75 - 80	0,045 - 0, 050		2	
6.4.3. Πλάκες από καλάμα	120 - 230	0,065 - 0,090	1 200		
6.4.4. Κυπαρίνη (κολλώδης)	120 - 220	0,040 - 0,060	800 - 1100		
6.4.4. Κυπαρίνη (ινώδης)	30 - 80	0,040 - 0,45	1700 - 2100		
6.4.5. Λινάρι	20 - 80	0,038 - 0,045	1300 - 1600		
6.4.6. Βαμβάκι	20 - 60	0,040	840 - 1300		
6.4.7. Μαλλί προβάτου	25 - 30	0,040 - 0,050	960 - 1300		
7. Αέρια					
7.1. Ξηρός αέρας (στους 20°C)	1,23	0,025	1 008	1	
7.2. Διοξείδιο του άνθρακα	1,95	0,014	820	1	
7.3. Αργό	1,70	0,017	519	1	
7.4. Κρυπτό	3,56	0,009	245	1	
7.5. Ξένο	5,68	0,0054	160	1	
8. Νερό					
8.1. Νερό σε υγρή φάση					
8.1.1. Νερό στους 10°C	1000	0,600	4 187	—	—
8.1.2. Νερό στους 40°C	990	0,630	4 190	—	—
8.1.3. Νερό στους 80°C	970	0,670	4 190	—	—
8.2. Νερό σε στερεά φάση					
8.2.1. Πάγος στους -10°C	920	2,300	2 000	—	—
8.2.2. Πάγος στους 0°C	900	2,200	2 000	—	—
8.2.3. Φρέσκο χόνι (πλάτος στρώσης < 30 mm)	100	0,050	2 000	—	—
8.2.4. Χόνι, μαλακό (πλάτος στρώσης 30 έως 70 mm)	200	0,120	2 000	—	—
8.2.5. Χόνι, ελαφρώς συμπιεσμένο (πλάτος στρώσης 70 έως 100 mm)	300	0,230	2 000	—	—
8.2.6. Χόνι, συμπιεσμένο (πλάτος στρώσης < 200 mm)	500	0,600	2 000	—	—
ΣΗΜΒΩΣΙΣ					
(1) Οι πυκνότητες που αναγράφονται σ' αυτήν την κατηγορία, εφόσον δεν ορίζονται αλλιώς αναφέρονται στα στοιχεία (λίθους, πλίνθους) και όχι στον τοίχο.					
(2) Η πυκνότητα αναφέρεται στο υλικό κατασκευής του στοιχείου και όχι σε ολόκληρο το στοιχείο (πλίνθο).					
(3) Η αναγραφόμενη τιμή του λ της πολυουρεθάνης αντιστοιχεί σε πολυουρεθάνη 40 kg/m ³ . Όμως με την πάροδο του χρόνου αυτή η τιμή αυξάνεται και τότε σταδιακά μπορεί να πλησιάσει την τιμή των συνηθισμένων αφρωδών θερμομονωτικών υλικών αντίστοιχης πυκνότητας.					

Απόσπασμα από «Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010» για τις τιμές των ιδιοτήτων των δομικών υλικών

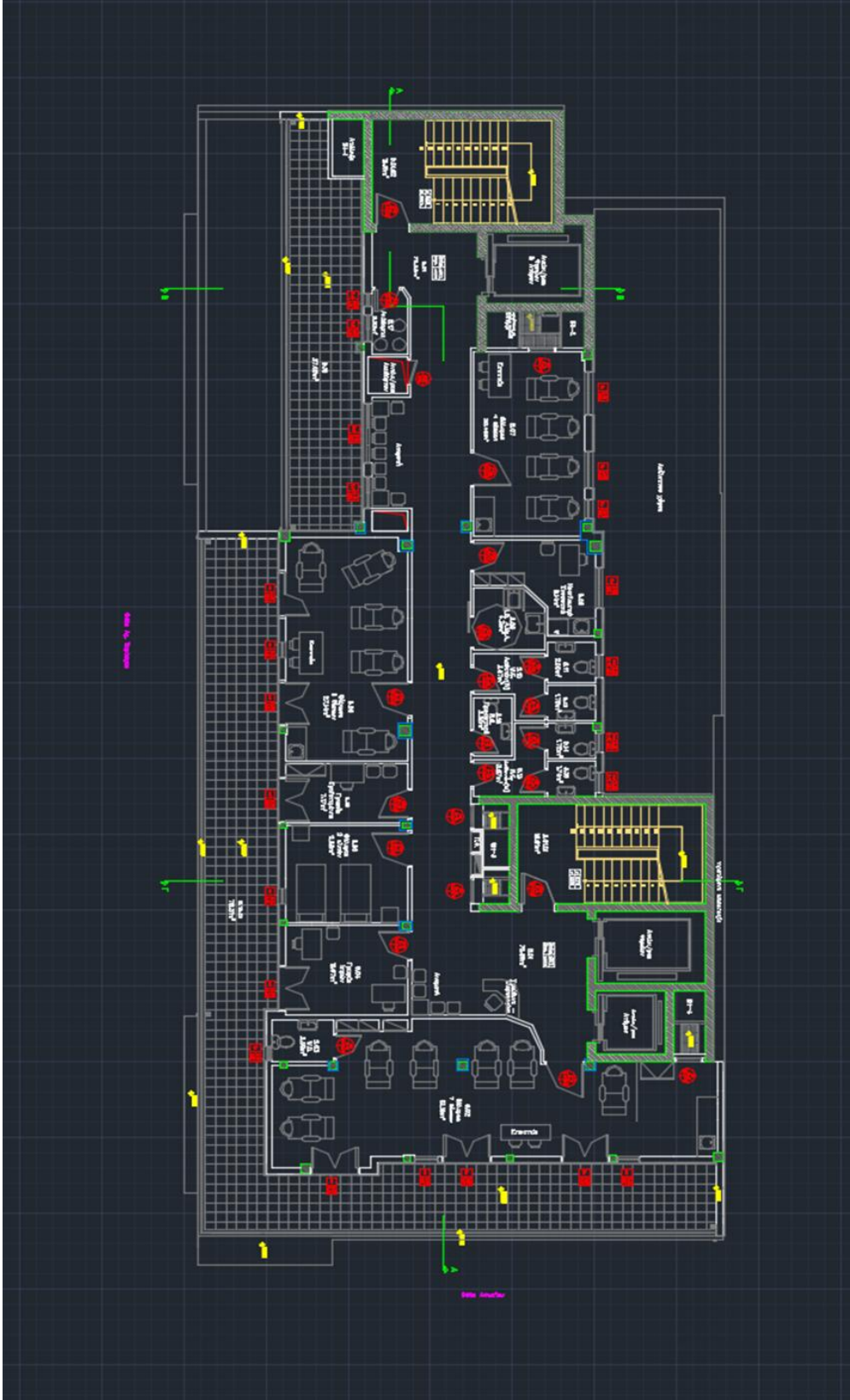
Activity	Activity Level W/Person EnergyPlus Schedule Value	Activity Level W/m²	met⁺
<i>Resting</i>			
Sleeping	72	40	0.7
Reclining	81	45	0.8
Seated, quiet	108	60	1
Standing, relaxed	126	70	1.2
<i>Walking (on level surface)</i>			
3.2 km/h (0.9 m/s)	207	115	2
4.3 km/h (1.2 m/s)	270	150	2.6
6.4 km/h (1.8 m/s)	396	220	3.8
<i>Office Activities</i>			
Reading, seated	99	55	1
Writing	108	60	1
Typing	117	65	1.1
Filing, seated	126	70	1.2
Filing, standing	144	80	1.4
Walking about	180	100	1.7
Lifting/packing	216	120	2.1
<i>Miscellaneous Occupational Activities</i>			
Cooking	171 to 207	95 to 115	1.6 to 2.0
Housecleaning	207 to 360	115 to 200	2.0 to 3.4
Seated, heavy limb movement	234	130	2.2
Machine work			
sawing (table saw)	189	105	1.8
light (electrical industry)	207 to 252	115 to 140	2.0 to 2.4
heavy	423	235	4
Handling 50 kg bags	423	235	4
Pick and shovel work	423 to 504	235 to 280	4.0 to 4.8
<i>Miscellaneous Leisure Activities</i>			
Dancing, social	252 to 459	140 to 255	2.4 to 4.4
Calisthenics/exercise	315 to 423	175 to 235	3.0 to 4.0
Tennis, singles	378 to 486	210 to 270	3.6 to 4.0
Basketball	522 to 792	290 to 440	5.0 to 7.6
Wrestling, competitive	738 to 909	410 to 505	7.0 to 8.7

Πίνακας «ASHRAE 55» με τις τιμές μεταβολισμού για τις διάφορες δραστηριότητες

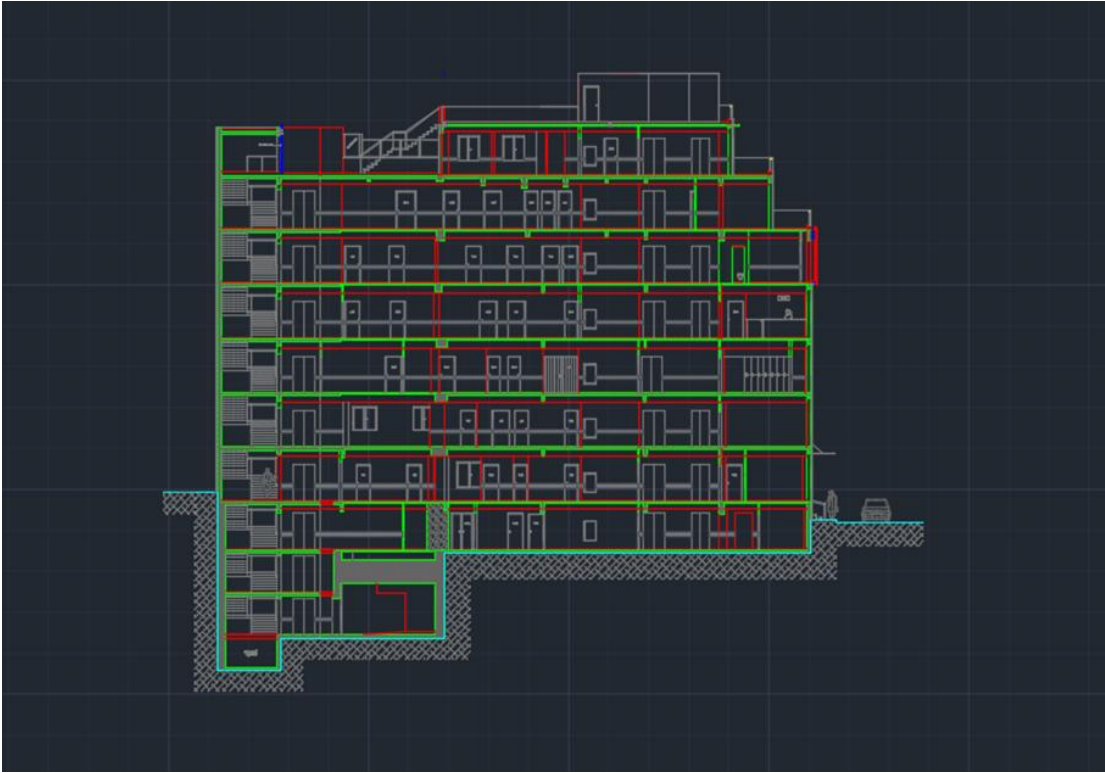
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β



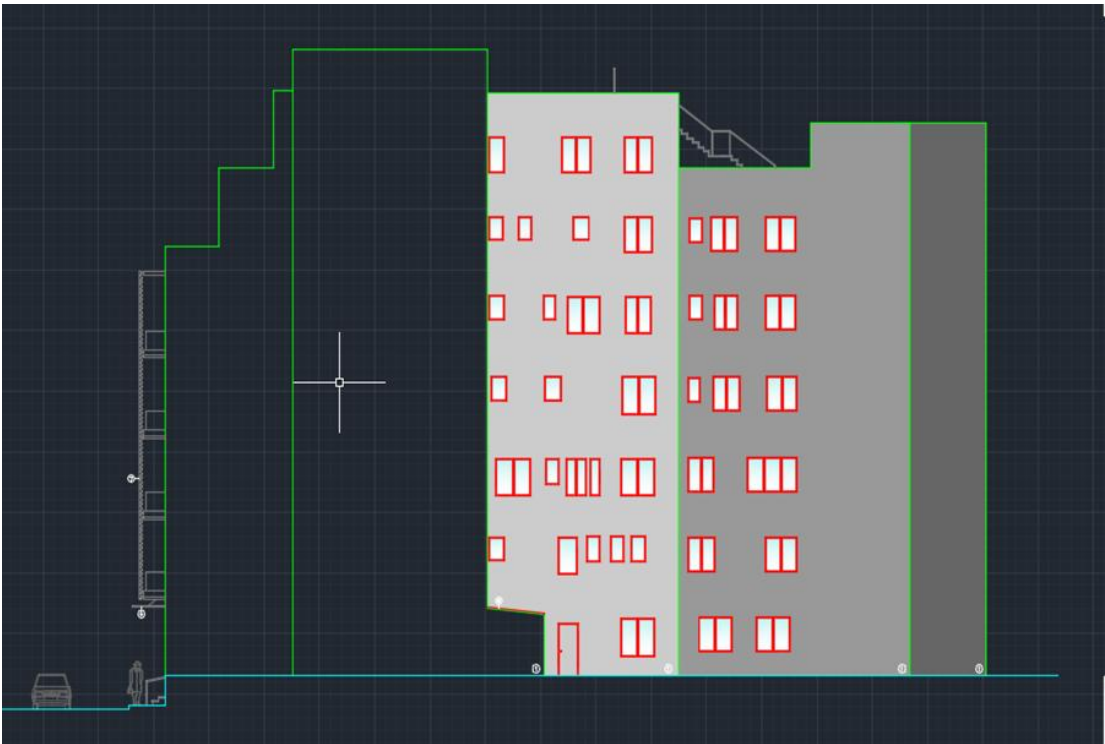
Κάτοψη 1ου Ορόφου



Κάτοψη 5ου Ορόφου



Τομή Α



Νότια Όψη